N. Apetroaei
Maria Apetroaei

CHIMIE ANALITICĂ APLICATIVĂ

ÎNDRUMAR

itura Tehnică

Dr. Neculai Al. Apetroaei
Dr. Maria Apetroaei

CHIMIE ANALITICĂ APLICATIVĂ

Îndrumător

Seria „Chimie analitică"

Editura Tehnică
București – 1996

Copyright ©1996, Editura Tehnică
Toate drepturile asupra acestei ediții
sunt rezervate editurii

Adresa: Editura Tehnică
Piața Presei Libere 1
33 București, România
cod 71341

Editor: **ing. Cecilia Simion**
Culegere si tehnoredactare computerizată: ***FIX***
Coperta: **Simona Dumitrescu**

Bun de tipar: 20.08.1996
Coli de tipar: 13,75
C.Z. 543
ISBN 973-31-0726-3

Tipărit: ***Semne***

Prefaţă

Ca ramură a chimiei care se ocupă cu stabilirea compoziției calitative și cantitative a substanțelor naturale și artificiale, în chimia analitică se folosesc, pentru atingerea scopurilor sale, atât metode chimice cât și metode fizice de analiză. În ultimile decenii însă, ca urmare a modernizării și diversificării aparaturii de laborator, metodele chimice au fost din ce în ce mai mult înlocuite de cele fizice – care sunt mai rapide, mai exacte și în plus, permit determinarea componentelor aflate în probele de analizat în concentrații foarte mici, imposibil de dozat prin metodele clasice. Totuși, indiferent de nivelul de dotare cu aparatură a laboratoarelor de chimie și, mai ales, în condițiile în care multe laboratoare nu au încă posibilități materiale pentru procurarea de aparate moderne de analiză, nu se poate renunța definitiv la chimia analitică clasică; analiza chimică este un proces complex și, cel puțin în anumite faze ale acestuia, sunt necesare cunoștințe din domeniul gravimetriei și volumetriei.

Lucrarea de față prezintă informații de o permanentă utilitate în activitatea practică de laborator. Ea este structurată pe patru capitole și se adresează, în principal, personalului de specialitate din laboratoarele de chimie și din alte laboratoare cu profil apropiat, studenților de la facultăți de chimie, biochimie, geochimie, farmacie, biologie, ecologie, medicină etc., elevilor de liceu, cadrelor didactice care predau chimia în învățământul gimnazial și liceal, precum și celor care coordonează lucrările practice de laborator din învățământul superior. O parte din datele cuprinse în capitolul 3 al lucrării (valorile normale ale parametrilor unor analize medicale, valorile orientative ale conținuturilor unor componente organice și minerale din produsele alimentare, multiplii și submultiplii unităților de măsură, prepararea lichidelor anticongelante, prepararea unor soluții fotografice etc.) sunt de un interes mai larg, fiind în aceeași măsură utile și nespecialiștilor.

Pentru observațiile și sugestiile făcute cu prilejul controlului științific al manuscrisului, care ne-au fost de folos în structurarea și definitivarea lucrării, aducem pe această cale mulțumiri domnului profesor dr. V. Magearu de la Catedra de Chimie Analitică a Facultății de Chimie a Universității din București și doamnei ing. Cecilia Simion, redactor de carte.

AUTORII

Cuprins

PREFAȚĂ 5

GENERALITĂŢI 9

1. ANALIZA CHIMICĂ CALITATIVĂ 19
1.1. Identificarea unor elemente chimice prin încalzirea probelor de analizat în flacăra reductoare a becului de gaz 19
1.2. Identificarea unor elemente și a unor compuși chimici prin încălzirea probelor de analizat pe cărbune 21
1.3. Metode de identificare a cationilor 23
1.4. Metode de identificare a anionilor 29
1.5. Metode rapide de identificare a unor substanțe 33

2. ANALIZA CHIMICĂ CANTITATIVĂ 39
2.1. Dizolvarea și dezagregarea substanțelor 39
2.1.1. Caracteristicile unor acizi concentrați 40
2.1.2. Fondanți utilizați pentru dezagregarea probelor de minereuri și silicați 41
2.1.3. Reguli de manipulare a instrumentelor și vaselor de laborator din platină 44
2.1.4. Curățirea creuzetelor de porțelan și a celor de cuarț 44
2.2. Analiza gravimetrică 45
2.2.1. Reguli de cântărire la balanța analitică 45
2.2.2. Etapele analizei gravimetrice 46
2.2.3. Formarea precipitatelor 46
2.2.4. Factorii care influențează precizia determinărilor în analiza gravimetrică 47
2.2.5. Filtrarea precipitatelor 50
2.2.6. Spălarea precipitatelor 52
2.2.7. Uscarea și calcinarea precipitatelor 53
2.2.8. Culoarea precipitatelor și semnificația acesteia 54

2.2.9. Solubilitatea în apă a unor substanțe greu solubile, la temperatura obișnuită 55
2.2.10. Indicații asupra unor posibilități de determinare gravimetrică a ionilor 57
2.2.11. Factorii de conversie gravimetrică pentru elementele chimice uzuale 78
2.3. Analiza volumetrică 81
2.3.1. Curățirea vaselor de sticlă utilizate în analiza volumetrică 81
2.3.2. Măsurarea volumelor 81
2.3.3. Erori ce pot fi făcute la măsurarea volumelor 82
2.3.4. Indicații asupra posibilităților de determinare a cationilor și anionilor prin metode volumetrice 86
2.3.5. Indicatori folosiți în analiza volumetrică 88
2.3.6. Modul de exprimare a concentrației soluțiilor 100
2.3.7. Prepararea soluțiilor titrate și stabilirea titrului soluțiilor 101
2.3.8. Prepararea unei soluții de o anumită concentrație (densitate) dintr-o altă soluție de concentrație (densitate) cunoscută 121
2.3.9. Prepararea unor soluții de normalități și de molarități diferite 123
2.3.10. Prepararea soluțiilor tampon 130
2.3.11. Determinarea *p*H-ului soluțiilor cu ajutorul scării de comparare 141

3. INFORMAŢII DE INTERES PENTRU CHIMISTUL ANALIST *145*

3.1. Prepararea unor reactivi speciali utilizați în chimia analitică 145
3.2. Alte rețete de laborator 147
3.3. Amestecuri 148
3.4. Prepararea unor soluții fotografice 151
3.5. Hârtia de filtru utilizată în cromotografie 153
3.6. Schimbători de ioni utilizați în cromotografia de absorbție 154
3.7. Relații între concentrațiile unor soluții și densitățile acestor soluții 159
3.8. Constante de disociație la temperatură obișnuită 168
3.9. Clasificarea substanțelor în funcție de gradul lor de solubilitate 177
3.10. Solubilitatea gazelor 179
3.11. Concentrațiile oxigenului (mg / l) din apă, în condiții de saturație și în funcție de temperatură 180
3.12. Tabele uzuale pentru laborator 182
3.13. Valorile normale ale parametrilor în cazul analizelor medicale 190

GLOSAR DE TERMENI *203*

BIBLIOGRAFIE *219*

Tabelul 1. Masele atomice ale elementelor chimice uzuale

Elementul	Simbolul chimic	Masa atomică	Elementul	Simbolul chimic	Masa atomică
Aluminiu	Al	26,9815	Iod	I	126,9044
Antimoniu	Sb	121,75	Lantan	La	138,91
Argint	Ag	107,87	Litiu	Li	6,939
Arsen	As	74,9216	Magneziu	Mg	24,312
Aur	Au	196,967	Mangan	Mn	54,9380
Azot	N	14,0067	Mercur	Hg	200,59
Bariu	Ba	137,34	Molibden	Mo	95,94
Beriliu	Be	9,0122	Nichel	Ni	58,71
Bismut	Bi	208,980	Oxigen	O	15,9994
Bor	B	10,811	Platină	Pt	195,09
Brom	Br	79,909	Plumb	Pb	207,19
Cadmiu	Cd	112,40	Potasiu	K	39,102
Calciu	Ca	40,08	Seleniu	Se	78,96
Carbon	C	12,0111	Siliciu	Si	28,086
Clor	Cl	35,453	Sodiu	Na	22,9898
Cobalt	Co	58,9332	Staniu	Sn	118,69
Crom	Cr	51,996	Stronţiu	Sr	87,62
Cupru	Cu	63,54	Sulf	S	32,064
Fier	Fe	55,847	Vanadiu	V	50,942
Fluor	F	18,9984	Wolfram	W	183,85
Fosfor	P	30,9738	Zinc	Zn	65,37
Germaniu	Ge	72,59	Zirconiu	Zr	91,22
Hidrogen	H	1,0079			

Tabelul 2. Masele moleculare și masele echivalente ale unor substanțe chimice utilizate în chimia analitică

Nr. crt.	Denumirea substanței	Masa moleculară	Masa echivalentă	Formula chimică
1	Acid acetic	60,05	60,05	CH_3COOH
2	Acid azotic	63,02	63,02	HNO_3
3	Acid boric	61,84	20,61	H_3BO_3
4	Acid bromhidric	80,92	80,92	HBr
5	Acid clorhidric	36,47	36,47	HCl
6	Acid citric	210,14	70,05	$C_6H_8O_7 \cdot H_2O$
7	Acid fosforic	98,00	32,67	H_3PO_4
8	Acid iodhidric	127,93	127,93	HI
9	Acid oxalic	90,04	45,02	$H_2C_2O_4$
10	Acid oxalic	126,07	63,03	$H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$
11	Acid sulfuric	98,08	49,04	H_2SO_4
12	Acid tartric	150,09	75,04	$C_4H_6O_6$
13	Amoniac	17,03	17,03	NH_3
14	Azotat de amoniu	80,05	80,05	NH_4NO_3
15	Azotat de argint	169,89	169,89	$AgNO_3$
16	Bicromat de potasiu	294,21	49,04	$K_2Cr_2O_7$
17	Bioxid de carbon	44,01	22,01	CO_2
18	Brom	79,92	79,92	Br
19	Bromat de potasiu	167,01	27,83	$KBrO_3$
20	Carbonat de potasiu	138,20	69,10	K_2CO_3
21	Carbonat acid de K	100,11	100,11	$KHCO_3$
22	Carbonat de sodiu	106,00	53,00	Na_2CO_3
23	Carbonat acid de Na	84,02	84,02	$NaHCO_3$
24	Cianură de potasiu	65,11	65,11	KCN
25	Clorură de amoniu	53,50	53,50	NH_4Cl
26	Clorură de bariu	244,31	122,15	$BaCl_2 \cdot 2H_2O$
27	Clorură de calciu	219,09	109,55	$CaCl_2 \cdot 6\ H_2O$
28	Clorură de magneziu	203,33	101,67	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$
29	Clorură mercurică	271,52	137,76	$HgCl_2$
30	Clorură de potasiu	74,55	74,55	KCl
31	Clorură de sodiu	58,45	58,45	NaCl
32	Fosfat de sodiu (di)	141,98	70,99	Na_2HPO_4
33	Fosfat de sodiu (tri)	163,97	54,66	Na_3PO_4
34	Hidroxid de amoniu	35,05	35,05	NH_4OH
35	Hidroxid de bariu	171,38	85,69	$Ba(OH)_2$
36	Hidroxid de calciu	74,10	37,05	$Ca(OH)_2$
37	Hidroxid de potasiu	56,10	56,10	KOH
38	Hidroxid de sodiu	40,01	40,01	NaOH
39	Iod	126,92	126,92	I

Nr. crt.	Denumirea substanței	Masa moleculară	Masa echivalentă	Formula chimică
40	Iodat de potasiu	214,02	36,57	KIO_3
41	Iodură de potasiu	166,00	166,00	KI
42	Permanganat de potasiu	158,03	31,61	$KMnO_4$
43	Sulfat de amoniu	132,14	66,07	$(NH_4)_2SO_4$
44	Sulfat de cupru	249,71	124,86	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$
45	Sare Mohr	392,16	392,16	$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$
46	Sulfat de magneziu	150,99	75,50	$MgSO_4$
47	Sulfat de zinc	287,55	143,77	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$
48	Tartrat de potasiu	226,26	113,14	$K_2H_4C_4O_6$
49	Tartrat dublu de sodiu și potasiu (sare Seignette)	282,20	141,10	$KNaC_4H_4O_6 \cdot 4\ H_2O$
50	Tetraborat de sodiu (Borax)	381,44	190,72	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$
51	Tiocionat de amoniu	76,12	76,12	NH_4SCN
52	Tiociant de potasiu	97,18	97,18	KSCN
53	Tiosulfat de sodiu	248,22	248,22	$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$

Reguli de protecție și tehnica securității muncii în laboratoarele în care se lucrează cu substanțe chimice

1. Toate lucrările de laborator trebuie efectuate cu foarte mare precauție.

2. La începerea programului de lucru, persoana care intră prima în laborator trebuie să se convingă că atmosfera nu este încărcată cu gaze inflamabile sau toxice provenite de la conductele (buteliile) de gaz, din vasele cu probe sau din cele cu substanțe chimice; la terminarea lucrului, persoana care părăsește ultima laboratorul are obligația să verifice: dacă sunt închise conductele (buteliile) de gaze și robinetele de apă; dacă sunt stinse becurile de gaz, cele electrice de iluminat, precum și celelalte aparate electrice, cu foc etc.

3. Mesele de laborator trebuie folosite numai pentru operații care nu produc degajări de substanțe nocive; lucrările cu substanțe toxice și acizi concentrați sau cele care presupun încălzirea produselor în vase deschise trebuie executate exclusiv sub nișă;

4. Este interzis a se pune pe mesele de laborator mâncare, țigări sau alte obiecte nefolosite în timpul lucrărilor;

5. La primirea și la utilizarea substanțelor chimice pentru analizele chimice de laborator, trebuie citite cu atenție etichetele de pe borcane (sticle);

6. Nu se gustă nici-un fel de substanță din laborator;

7. Pentru a mirosi o substanță, vaporii sau gazul trebuie îndreptate spre manipulant prin mișcarea mâinii deasupra gurii vasului care o conține, cu foarte mari precauții, neaplecând capul asupra vasului și fără a inspira adânc aerul în plămâni;

8. Este interzis ca analistul să se aplece asupra vasului în care s-a turnat sau se fierbe un lichid oarecare ori să țină vasul înclinat spre sine sau spre alte persoane, pentru a evita stropirea cu picăturile lichidului, în caz de țâșnire sau stropire;

9. Experiențele care prezintă pericolul de a stropi cu substanțe nocive trebuie efectuate sub nișă;

10. Nișele trebuie ținute în bună stare de curățenie și funcționare; ele trebuie prevăzute cu tiraj la partea inferioară și la partea superioară, pentru a asigura evacuarea gazelor grele și a celor ușoare; nu se încarcă nișele cu vase, aparate și utilaje de laborator, în afara celor necesare în operație;

11. Nu se lucrează în nișă cu lichide inflamabile fără o ventilație bună, deoarece aici se formează amestecuri explozive și de vapori mult mai repede decât în laborator;

12. Pipetarea lichidelor toxice se face cu pipete speciale, prevăzute cu bule de siguranță, pentru a evita orice posibilitate de accidentare;

13. Întotdeauna se adaugă acizii în apă și niciodată apă în acizi;

14. Sticlele și recipienții cu reactivi se astupă imediat după folosire;

15. Reactivii neutilizați sau contaminați nu se pun niciodată înapoi în vasele din care au fost scoși, ci se aruncă astfel:

a)substanțele solide – în recipiente pentru reziduri;
b)lichidele solubile – în chiuvetă, lăsând să curgă apă în exces;
c)lichidele insolubile în apă – se depozitează în recipiente speciale;

16. Înaintea începerii lucrărilor de laborator se verifică calitatea sticlăriei care se folosește, vasele prezentând zgârâieturi, crăpături sau alte defecte fiind restituite magaziei sau utilizate exclusiv pentru operații nepericuloase;

17. Vasele de sticlă se încălzesc progresiv, fie pe băi de apă, ulei, nisip, aer etc., fie pe o sită de fier acoperit cu azbest;

18. În cazul suprаîncălzirii lichidelor se folosesc bucățele de piatră ponce sau porțelan poros, care provoacă o fierbere progresivă și liniștită a lichidelor; piatra ponce sau porțelanul poros se vor introduce întotdeauna în lichidul rece și nu în cel fierbinte;

19. Spălarea vaselor se face imediat după terminarea operației la care au fost folosite, cu lichide potrivite în care impuritățile respective sunt solubile, pentru a preveni reacțiile vătămătoare;

20. Nu se lasă niciodată nesupravegheată o experiență în timp ce se efectuează o

operație de încălzire sau când reacția are loc rapid;

21. Manipularea reactivilor solizi se face cu linguri sau spatule curate, pentru a preîntâmpina impurificarea acestora. Soluțiile de reactivi pentru analiză vor fi, de asemenea, astfel manipulate încât să nu fie impurificate. În acest scop, pipetarea lor nu se face direct din sticla (flaconul) în care se află ci, mai întâi se toarnă cantitatea necesară într-un pahar curat, din care apoi se face pipetarea. În general, la manipularea substanțelor chimice și a reactivilor trebuie să se aibă în vedere că:

a)nu este permisă folosirea reactivilor neidentificați;

b)nu este permisă impurificarea reactivilor în timpul manipulării;

c)reactivii se manipulează cu linguri, spatule, pipete, cilindri gradați etc. în stare de curățenie perfectă, nefiind permisă folosirea aceloraşi ustensile pentru mai mulți reactivi decât după spălare și uscare;

22. Manipularea substanțelor speciale și periculoase (brom, fosfor alb, acizi concentrați etc.) va fi încredințată numai persoanelor instruite special pentru aceasta și vor fi eliberate de responsabilul cu substanțe toxice;

23. Toate manipulările cu gaze și vapori toxici se vor face sub nișă, în timpul lucrului trebuind să fie luate următoarele măsuri:

a)se închid ușile nișei, lăsând o mică deschizătură pentru manipulările necesare, pentru scurt timp;

b)în timpul lucrului nu se introduce capul sub nișă;

c)ventilația nișei trebuie asigurată și pusă în funcțiune înainte de începerea experienței;

24. Manipularea acizilor concentrați și a amoniacului trebuie să se execute după cum urmează:

a)vasele de sticlă mai mari se vor păstra în coșuri, în perfectă stare, cu umplutură elastică;

b)acizii clorhidric și azotic concentrați, precum și soluția concentrată de amoniac se vor turna sub continua ventilație a aerului;

c)se va utiliza un sistem basculant pentru golirea damigenelor sau un sistem de sifonare;

d)în timpul operației de manipulare se folosește echipamentul de protecție, constând din ochelari, mănuși de cauciuc, cisme, șorț de cauciuc și, eventual, mască de protecție;

25. La lucrările cu sodiu și potasiu metalic, ca și la cele cu fosfor galben, trebuie lucrat cu mare atenție: se vor purta ochelari de protecție; se vor tăia metalele pe hârtie de filtru uscată; se vor feri de apă, ținându-le cu penseta sau cu cleștele de laborator; resturile se vor depozita imediat într-un borcan cu petrol; în experiențele în care se folosește apă, în nici un caz nu se vor folosi bucăți din asemenea metale mai mari decât un bob de mazăre; hârtia de filtru pe care s-a tăiat metalele se va aprinde pe o

sită de azbest sau pe o bucată de tablă, sub curent de aer;

26. Manipularea bromului trebuie să se facă cu respectarea strictă a următoarelor condiții: experiențele se vor executa sub nișă; se vor feri ochii de vaporii de brom, purtând ochelari de protecție, se vor feri mâinile, cu ajutorul mănușilor de cauciuc, întrucât bromul produce răni care se vindecă greu; la turnare, se va scoate atent picătura din gâtul flaconului, pe marginea vasului, deoarece bromul se prelinge ușor pe sticlă, putând provoca arsuri pe mâini; la transvazarea cantităților mici se vor purta mănuși de cauciuc.

În cazul arsurilor cu brom, se vor spăla locurile atinse cu soluție concentrată de sulfat de sodiu sau cu benzen, care trebuie să se găsească permanent la îndemâna celui care lucrează cu brom; în cazul inspirării vaporilor de brom, se va mirosi cu precauție soluție de amoniac sau de hidrogen sulfurat și se va inspira aer curat;

27. Acidul fluorhidric, care provoacă arsuri greu vindecabile se manipulează numai sub nișă, folosind echipamentul de protecție; arsurile cu acid fluorhidric se tratează cu gluconat de calciu, injectabil;

28. Acidul percloric anhidru este una dintre cele mai periculoase substanțe, pentru că – în contact cu carbonul din substanța organică – se descompune instantaneu, cu explozie, provocând răni foarte greu vindecabile; se manipulează numai sub nișă și cu echipament de protecție (ochelari, mănuși, șorț de cauciuc);

29. Acidul azotic concentrat se manipulează numai sub nișă, cu mare atenție, folosind ochelari, mănuși și șorț de protecție; se va evita prelingerea acidului, se va evita contactul acestuia cu materiale organice, care se pot aprinde;

30. Acizii se păstrează în sticle cu dop rodat; acidul fluorhidric se păstrează în recipiente de polietilenă sau de ebonită;

31. Soluțiile de hidroxizi se păstrează în sticle cu dopuri de cauciuc;

32. Nu se țin alături sticle și vase al căror conținut – în caz de dublă spargere – dă naștere la reacții violente;

33. Lichidele inflamabile și volatile (sulfură de carbon, eter, benzen etc.) se manipulează cu atenție deosebită: nu se țin pe mese, în laborator, decât cantități mici, se păstrează în vase perfect închise, evitându-se vărsarea lor, nu se lucrează cu ele în apropierea focului, nu se varsă în chiuvete, nu se încălzesc decât pe baie de apă (folosindu-se refrigerente cu reflux), nu se încălzesc la foc direct, în vase închise. Dacă, accidental, se varsă o anumită cantitate de lichid inflamabil, se sting imediat becurile de gaz se scot reșourile din priză, se închid ușile laboratorului și se deschid larg ferestrele, se șterge lichidul cu o cârpă care se stoarce într-un vas larg, din care se transvazează într-un flacon cu dop;

34. În laboratoarele în care se lucrează cu substanțe chimice nu se poartă îmbrăcăminte largă, care poate ajunge în contact cu substanțele sau cu flacăra deschisă; de

asemenea, nu se poartă pantofi decupați, sandale și nu se stă cu picioarele goale;

35. În laboratoarele de chimie nu se poartă niciodată lentile de contact, chiar sub ochelari de protecție, întrucât substanțele chimice iritante pot pătrunde sub lentilele de contact, provocând ochilor leziuni irecuperabile;

36. Recipienții cu gaze sub presiune nu se păstrează în apropierea surselor de căldură, pentru a evita exploziile; asemenea recipienți se ancorează ferm de o structură rigidă, pentru a evita răsturnarea lor, nu se supun la șocuri prin batere cu ciocanul și nu se manipulează cu brutalitate;

37. În orice laborator de analize trebuie să se găsească la îndemână trusa de prim ajutor, necesară în caz de arsuri, tăieturi, intoxicații etc.

Incompatibilitatea unor substanţe chimice

În laboratoarele chimice se pot produce accidente datorate incompatibilității unor substanțe chimice care, puse în contact pot provoca explozii sau pot să rezulte substanțe toxice sau caustice.

În tabelul 3 sunt prezentate principalele substanțe incompatibile utilizate în laboratoarele chimice, cu menționarea efectelor reacției dintre ele și a factorilor care provoacă sau accelerează aceste efecte.

Tabelul 3. Incompatibilități tipice pentru unele substanțe chimice

Substanța chimică	Incompatibilitatea	Efectul și periculozitatea	Factorii ce provoacă sau accelerează incompatibilitatea
Bromuri alcaline	Acizi tari	HBr	contact
Acid clorosulfonic	Apă – alcalii	HCl	contact
Clorați-perclorați	Substanțe reducătoare	Clor	contact
Acid clorhidric (soluție)	Acid sulfuric și deshidratanți	Acid clorhidric	contact
Hipocloriți	Acizi tari	Clor	contact
Sulfuri alcaline	Acizi	H_2S	contact
Sulfiți	Acizi tari oxidanți, acizi tari	Bioxid de sulf	contact
Azotiți, azotați	Oxidanți	Oxizi de azot	contact
Derivați clorurați ai fosforului	Apă, oxidanți	HCl	contact
Acid azotic	Substanțe organice, lichide inflamabile	incendiu, explozie	contact
Azotați alcalini	Substanțe organice	explozie	interacțiune
Aluminiu pulbere	Hidrogen sulfurat	explozie	temperatură

Substanța chimică	Incompatibilitatea	Efectul și periculozitatea	Factorii ce provoacă sau accelerează incompatibilitatea
Amoniac	Clor	explozie	lovire
Acetat de amil	Oxigen– aer	explozie	
Azotat de amoniu	Substanțe organice	explozie	scânteie
Permanganat de amoniu	Substanțe organice	incendiu	încălzire
Anilină	Oxigen	explozie	scânteie
Acetilenă	Clor	incendiu, explozie	lumină
Benzen	Acid hipocloros	incendiu, explozie	reacție
Bromacetilenă	Aer	incendiu, explozie	reacție
Hidrogen	Clor	incendiu, explozie	lumină
Peroxizi	Substanțe organice, pulberi metalice	incendiu, explozie	reacție
Metale alcaline	Apă	incendiu, explozie	reacție
Permanganat de potasiu	Hidrocarburi, solvenți	incendiu, explozie	căldură
Metan	Clor-oxigen	incendiu, explozie	lumină
Naftalină	Oxigen	incendiu, explozie	scânteie
Sulfură de carbon	Oxidanți, pulberi, oleum	incendiu, explozie	reacție
Alcooli	Aer	explozie	scânteie
Cărbune pulbere	Oxidanți puternici peroxizi	explozie	reaacție, lumină, căldură
Fosfor galben	Oxidanți, sulf	explozie	reacție
Fluor	Hidrogen	explozie	reacție
Clor	Hidrogen, metan, acetilenă	explozie	scânteie
Zinc pulbere	Aer	explozie	scânteie
Etilenă	Clor	explozie	
Eter etilic	Oxigen, oxidanți, clor, peroxizi	explozie	reacție

Tabelul 4. Clasificarea metodelor de analiză chimică

Analiza chimică			Cantitatea de:		Volumul soluției de analizat
			Substanța luată în analiză	Element identificat, determinat	
Anorganică	Calitativă	Macro	0,1 g (metoda gramelor sau decigramelor	> 0,001g ($> 10^{-4}$ g)	>5 ml
Anorganică	Semicantitativă	Semimicro	0,1 - 0,01 g (metoda centigramelor)	10^{-5} g	0,5 - 5 ml
	Cantitativă	Micro	0,1 - 0,01 g (metoda miligramelor)	10^{-6} g	0,05 - 0,5 ml
Organică	Elementară	Ultramicro	<0,001 g	$< 10^{-6}$ g	< 0,05 ml
	Funcțională		(metoda microgramelor) Ultramicroanaliza propriu zisă (1 microgram = 10^{-6} g)	10^{-6} - 10^{-9} g	
	Structurală		(metoda nanogramelor) Submicroanaliza (1 nanogram = $=10^{-9}$ g)	10^{-9} - 10^{-12} g	
			(metoda picogramelor) Subultramicroanaliza (1 picogram = $=10^{-12}$ g)	$<10^{-12}$ g	

1

ANALIZA CHIMICĂ CALITATIVĂ

Principalul scop al experienţelor de laborator prezentate este de a ne familiariza cu tehnicile necesare pentru realizarea cu succes a măsurătorilor calitative. Experienţele necesită utilizarea unor tehnici de laborator de bază aplicate în multe domenii ale ştiinţei şi tehnologiei. Prin urmare, cu ajutorul experienţelor de laborator se dezvoltă perspicacitatea, încrederea şi se câştigă o experienţă practică.

Toate acestea reprezintă foloase preţioase pentru munca ştiinţifică din domeniul chimiei, pentru profesiile tehnologice sau în alte direcţii ale ştiinţei. Gândind şi raţionând în mod logic se poate realiza importanţa fiecărei părţi din procedeul experimental şi modul în care, fiecare dintre ele, contribuie la măsurarea rezultatului analizei. Munca de laborator nu trebuie privită nici ca urmărind reţetele dintr-o carte de bucate, nici ca o formă de automatizare.

În munca de laborator se fac şi greşeli. Dacă ele se datorează tehnicii slabe sau lipsei de înţelegere a chimiei care stă la baza experienţei, este foarte important să învăţăm din aceste greşeli astfel încât să nu se mai repete. De asemenea, trebuie însuşite o serie de deprinderi care se vor dovedi folositoare în munca de laborator.

1. Spaţiul de lucru se va menţine curat şi neaglomerat. Curăţaţi temeinic toate chimicalele împrăştiate şi aruncaţi chimicalele numai conform instrucţiunilor conducătorului locului de muncă.

2. Pentru toate soluţiile, trebuie să se utilizeze numai apă distilată. Clătirea finală a echipamentului trebuie să se facă cu apă distilată. Sticlăria trebuie curăţată utilizând o soluţie de săpun. Alte soluţii de cărăţat, ca de exemplu KOH în soluţie alcoolică sau soluţie de acid sulfuric-bicromat de potasiu, trebuie să fie utilizate numai sub supravegherea instructorului.

3. Utilizaţi timpul petrecut în laborator în mod eficient. Procedeul experimental şi principiile pe care se bazează experimentul trebuie să fie studiate înainte de a intra în laborator. Tot ce trebuie făcut trebuie organizat înainte şi nu în timpul perioadei petrecute în laborator. Determinaţi cu anticipaţie unde este posibilă şi unde nu este posibilă întreruperea procedeului. Nu toate experimentele pot fi efectuate în orele limitate petrecute în laborator, într-o zi.

4. În laborator este necesară colaborarea. Jocurile și glumele de prost gust nu își au locul aici.

5. Executați toate manipulările cu răbdare și atenție. Viteza de lucru se câștigă odată cu experiența și planificarea corespunzătoare. De obicei, încercarea de a lucra prea repede, fără experiența acumulată, va conduce la neatenții. Acestea pot conduce la rezultate necorespunzătoare și la accidente.

6. Căutați să gândiți în conformitate cu conceptele de acurateție (exactitate), precizie și eroare.

7. Folosiți-vă bunul simț, aplicat atât interpretării procedeului experimental, utilizării chimicalelor, cât și în relațiile cu celelalte persoane din laborator.

8. Caietul de note de laborator este foarte important deoarece în el se înregistrează rezultatele experimentale. Dacă acesta este ținut la zi, în mod corespunzător este posibil ca, pentru o analiză, să se găsească datele originale și rezultatele cu minim de efort. În caiet trebuie menționate suficiente detalii astfel, încât, să fie posibilă urmărirea cursului analizei. Acest lucru devine prețios, mai ales când se suspectează prezența unei erori. Prin urmare, caietul de note trebuie să conțină toate datele, observațiile și concluziile înregistrate cu cerneală, într-un caiet cu pagini legate.

1.1. Identificarea unor elemente chimice prin încălzirea probelor de analizat în flacăra reducătoare a becului de gaz

Prin încălzire, unele elemente chimice colorează în mod specific flacăra reducătoare a becului de gaz, culoarea flăcării constituind astfel o informație preliminară importantă în legătură cu prezența unuia sau altuia dintre aceste elemente în probele de analizat.

Pentru aducerea probei de analizat în flacăra becului de gaz se utilizează un fir de platină sau un betișor de magnezită (MgO). Acesta se încălzește în prealabil până la roșu, după care se introduce în proba umezită cu acid clorhidric și apoi în flacăra reducătoare (galben-roșietică) a becului de gaz.

Tabelul 1.1. Colorația flăcării dată de prezența în proba de analizat a elementului căutat

Nr. crt.	Elementul	Colorația flăcării	Observații
1	Arseniu	Verde-pal până la albastru-pal	În spectru se găsesc multe benzi colorate în verde și verde-albăstrui, care apar împreună într-o continuitate perfectă.
2	Bariu	Galben-verzui	Spectrul bariului este complex și constituit din multe benzi colorate în galben, roșu, verde și albastru-verzui. La acestea se mai adaugă câteva linii destul de intense și colorate în galben până la roșu, precum și o mulțime de linii verzi.

Nr. crt.	Elementul	Coloraţia flăcării	Observaţii
			mai mult timp. În restul cazurilor se consideră că în probă sunt numai urme de sodiu. Alte linii spectrale importante se întâlnesc la: 330,2, 818 şi 819 nm.
12	Stibiu	Verde-pal până la albastru-deschis	În spectru apar benzi slabe, difuze, verzi şi verzi-albăstrui
13	Stronţiu	Roşu-purpuriu	Dintre numeroasele linii şi benzi roşii sunt mai precise cele de la 686,3 nm, 674,7 nm şi 662,8 nm, precum şi o linie portocalie la 606,0 nm sau o linie albastră la 460,7 nm. Spectrul stronţiului nu conţine linii verzi. Culoarea flăcării se produce treptat, în schimb persistă mai mult timp decât la litiu.
14	Rubidiu	Violet	Linii spectrale caracteristice la 794,8 şi la 780 nm. Alte linii: o bandă portocalie de la 629,9 până la 620,6 nm şi 2 linii violete la 421,6 şi 420,2 nm, apoi benzi foarte slabe în verde-galben până la verde-albastru.
15	Vanadiu	Verde-pal	În spectru apar benzi destul de slabe, difuze, galben-verzui şi verzi

1.2. Identificarea unor elemente şi a unor compuşi chimici prin încalzirea probelor de analizat pe cărbune

Pe suprafaţa unui cărbune de lemn (mangal) se practică o scobitură, în care se introduce circa 0,1 g probă de analizat, fin puverizată (majorată) şi o cantitate de 3-5 ori mai mare de carbonat de sodiu. Se umezeşte proba cu o picătură de apă şi apoi se încălzeşte în flacăra reducătoare a unui bec de gaz, conducând flacăra direct pe probă cu ajutorul unui suflător de gură.

Urmărind procesul de încălzire pe cărbune se pot obţine informaţii în legătură cu compoziţia probei. Astfel,

- dacă substanţa cuprinde compuşi care degajă oxigen (*cloraţi, azotaţi, permanganat, cromaţi* etc.), cărbunele începe să ardă intens;
- dacă proba conţine *compuşi de sulf*, în timpul încălzirii se poate sesiza un miros specific de SO_2; în prezenţa *compuşilor de amoniu* se simte un miros de amoniac, în prezenţa *arseniului* şi *compuşilor de arseniu* se degajă un miros de usturoi, iar în prezenţa *seleniului şi compuşilor de seleniu* se simte un miros de ridichi;

- dacă încălzirea probei pe cărbune se face fără carbonat de sodiu, poate rezulta un reziduu caracteristic care, tratat în continuare în mod diferit, poate da informații în legătură cu prezența unor elemente în probă. Astfel, dacă reziduul după răcire este alb, se umezește cu o soluție de azotat de cobalt și se încălzește la o flacără oxidantă până la incadescență; masa obținută poate căpăta o culoare tipică care indică: prezența *zincului* – dacă este verde; prezența *titanului* – dacă este verde gălbui; prezența *staniului* dacă este verde-albăstrui; a *stibiului* – dacă este verde-deschis, a *zirconiului* – dacă este verde-măsliniu, a *aluminiului* – dacă este albastru-deschis și infuzibil, a *magneziului* – dacă este roz-deschis, a *calciului, bariului* și *stronțiului* – dacă se colorează în cenușiu etc. Dacă reziduul – după umezire cu apă – prezintă o reacție alcalină, aceasta indică prezența *compușilor de Ba, Ca, Sr, Mg și Be*. Dacă masa incandescentă este strălucitoare, ea indică prezența *compușilor de Al, Mg, Ca, Ba și Sr*. O masă verde, topită indică prezența *manganului* (ca manganat), iar o masă galbenă indică prezența *cromului* (cromat) precum și a unor *compuși cu sulf*;
- dacă încălzirea probei pe cărbune se face în amestec cu carbonat de sodiu, se pot forma la incandescență pe cărbune: un grăunțe metalic (dacă este galben, ductil, greu fuzibil, indică prezența *aurului*; dacă este roșu, maleabil, greu fuzibil, indică prezența *cuprului*; dacă este alb strălucitor, ductil, indică prezența *argintului*), paiete metalice (cenușii, magnetice – în prezența *Fe, Co, Ni*; cenușii, nemagnetice – în prezența *wolframului*) sau reziduu nemetalic – ce indică prezența *zincului*, dacă la cald este galben și alb la rece, a *cadmiului* – dacă este brun-roșcat cu străluciri multicolore, a *arseniului* – dacă este alb și cu miros tipic de usturoi, a *seleniului* – dacă este cenușiu și cu miros tipic de ridichi, a *telurului* – dacă este alb, cu chenar roșu-gălbui etc;
- când metalul se oxidează doar parțial, se poate obține prin încălzire pe cărbune un grăunte metalic și reziduu nemetalic. Dacă grăuntele metalic este alb-cenușiu și foarte ușor fuzibil, iar reziduul nemetalic este galben-deschis, ușor volatil, în probă este prezent *plumbul*; dacă grăuntele metalic este argintiu-strălucitor, sfărâmicios și cu spărturi pe suprafața sa, cu luciu roșietic ușor fuzibil, iar reziduul nemetalic este portocaliu la cald și galben ca lămâia la rece, în probă este prezent *bismutul*; dacă grăuntele metalic este alb, maleabil, ușor fuzibil, iar reziduul nemetalic este slab gălbui la cald și alb la rece, în probă este prezent *staniul*; dacă grăuntele metalic este mat, întunecat, sfărâmicios, ușor fuzibil, iar reziduul nemetalic este alb cu chenar albăstrui, ușor sublimabil, în probă este prezent *stibiul*; dacă grăuntele este alb-strălucitor, greu fuzibil, iar reziduul nemetalic este brun, în probă este prezent *argintul*.

Proba de analizat amestecată cu iodură de potasiu și sulf și apoi încălzită pe cărbune sau pe o placă de porțelan conduce în prezența *bismutului* la un precipitat roșu-cărămiziu, în prezența *plumbului* – la un precipitat galben, în prezența *stibiului* – la un precipitat galben-portocaliu, în prezența *arseniului* – la un precipitat galben deschis, foarte volatil, iar în prezența *seleniului* – la un precipitat roșu-maroniu etc.

Tabelul 1.2.

Grupa analitică	Cationul	Reacţia caracteristică	Reacţia sensibilă	Modul de executare a reacţiei	Limita de detecţie şi diluţia limitată
Ia	Ag^+	Cu acid clorhidric: precipitat alb solubil în amoniac	Precipitat alb	Microchimic	0,01 gamma (500000)
	Pb^{2+}	Cu acid sulfuric şi alcool formează un precipitat alb care prin încălzire cu hidroxid de sodiu se dizovă	Reacţia albastrului de benzidină: pată de culoare albastră	Pe hârtie de filtru	1 gamma (50000)
	Hg_2^{2+}	Cu acid clorhidric: precipitat alb care se înnegreşte sub acţiunea amoniacului	Cu hidrogen sulfurat: precipitat negru de Hg + HgS	În eprubetă	1 gamma (6000000)
	Tl^+	Cu iodură de potasiu: precipitat galben cristalin de TlJ	Precipitat alb	În eprubetă	0,6 gamma (80000)
	Tl^{3+}	Cu hidroxid de sodiu: precipitat brun de $Tl(OH)_3$ insolubil în exces de reactiv	Coloraţia flăcării: verde		
Ib	Hg^{2+}	Cu clorură stanoasă: precipitat alb de Hg_2Cl_2 care cu un exces de reactiv devine cenuşiu (Hg)	Precipitat alb	În eprubetă	1 gamma (5000000)
	Cu^{2+}	Cu exces de amoniac: coloraţia albastră închisă	Cu benzoin-oximă: coloraţia verde	Pe hârtie de filtru	0,1 gamma (500000)

Grupa analitică	Cationul	Reacția caracteristică	Reacția sensibilă	Modul de executare a reacției	Limita de detecție și diluția limitată
	Bi^{3+}	În absența ionilor de mercur, cu cianură de potasiu și stanit de sodiu: precipitat galben	Cu exces de iodură de potasiu: colorație galbenă-portocalie	Microchimic	0,05 gamma
	Cd^{2+}	În prezență de amoniac și cianură de potasiu, cu hidrogen sulfurat: precipitat galben	Precipitat galben	În eprubetă	5 gamma (1000000)
II	As^{3+}	În prezență de bicarbonat de sodiu, soluție de iodură de potasiu + iod: se decolorează	Reacția BETTENDORF: se adaugă în probă un volum de soluție de clorură stanoasă clorhidrică și se încălzește. Se obține o colorație brună (Reactivul se prepară astfel: se dizolvă 100 g $SnCl_2$ în HCl concentrat și se diluează cu apă distilată la 1000 ml).	În eprubetă	1 gamma (50000)
	As^{5+}	În soluția clorhidrică cu iodură de potasiu: colorație brună	Reacția BETTENDORF	În eprubetă	1 gamma (50000)
	Sb^{3+}	Într-o soluție clorhidrică, pe o placă de staniu sau pe o placă cositorită: se formează un strat negru de stibiu metalic	În soluție clorhidrică cu hidrogen sulfurat: precipitat portocaliu de Sb_2S_3	În eprubetă	2 gamma (4000000)

Grupa analitică	Cationul	Reacția caracteristică	Reacția sensibilă	Modul de executare a reacției	Limita de detecție și diluția limitată
	Sb^{5+}	Pe o placă de staniu sau pe o placă cositorită: în soluție clorhidrică se formează un strat negru de Sb metalic	Într-o soluție slab acidă, cu hidrogen sulfurat: precipitat roșu-portocaliu de Sb_2S_5	În eprubetă	5 gamma (1600000)
	Sn^{2+}	Cu clorură mercurică: precipitat alb	Încercarea cu cacotelină: pată de culoare violetă	Pe hârtie de filtru	0,2 gamma (1660000)
	Sn^{4+}	Din soluție slab acidă, cu hidrogen sulfurat: precipitat galben	Idem	În eprubetă	20 gamma (400000)
	Au^{3+}	Cu substanțe reducătoare: precipitat coloidal de Au de culoare roșie sau albastră	Purpura lui Cassius: cu clorură stanoasă: precipitat roșu-purpuriu	În eprubetă	
	Pt^{4+}	Cu clorură de potasiu sau de amoniu: precipitat glaben cristalin de K_2PtCl_6, respectiv $(NH_4)_2PtCl_6$	Reacție catalitică: Pt fin divizată devine incadescentă sub acțiunea hidrogenului sau a gazului de iluminat	Pe foaie de azbest reacție în picătură	0,05 gamma
	SeO_3^{2-} SeO_4^{2-}	Sub acțiunea substanțelor reducătoare (acid sulfuros sau sulfat de hidrazină) precipitat roșu, care la încălzire se înnegrește	Idem	În eprubetă	
	TeO_3^{2-} TeO_4^{2-}	Cu clorură stanoasă, în soluție acidă: precipitat negru de Te.	Idem	În eprubetă	

Grupa analitică	Cationul	Reacţia caracteristică	Reacţia sensibilă	Modul de executare a reacţiei	Limita de detecţie şi diluţia limitată
	MoO_4^{2-}	Sub acţiunea zincului sau a clorurii stanoase, în soluţie acidă: coloraţie albastră, verde, brună (reducere treptată)	După evaporare cu acid sulfuric, cu câteva picături de alcool: coloraţie albastră vie		
III	Co^{2+}	Cu tiocianat de amoniu, în strat de eter-alcool amilic: coloraţie albastră	Cu alfa-nitrozo-betanaftol, pată brună	Pe hârtie de filtru	0,05 gamma (1000000)
	Ni^{2+}	În soluţie amoniacală cu dimetil-gli-oximă: precipitat roşu viu	Idem	Microchimic sau pe hârtie de filtru	0,16 gamma (300000)
	Fe^{2+}	În soluţie acidă cu α, α'-dipiridil: coloraţie roşie vie	Idem	Microchimic	0,03 gamma (1666000)
	Fe^{3+}	În soluţie clorhidrică, cu tiocianat de amoniu: coloraţie roşie	Idem	Microchimic	0,25 gamma (200000)
	Cr^{3+}	În soluţie alcalină cu apă oxigenată la fierbere: coloraţie galbenă	După oxidare la cromat, cu difenil-carbazidă: coloraţie violetă	În picătură sau pe hârtie de filtru	0,25 gamma (200000)
	Al^{3+}	Soluţia amoniacală dă cu alizarin-sul-fonatul de sodiu un precipitat roşu, care persistă şi sub acţiunea acidului acetic	Idem	În eprubetă	0,5 gamma (1000000)
	Mn^{2+}	Fierbând soluţia care conţine mult	Prin încălzire cu peroxiddi-	În eprubetă	0,5 gamma (10000000)

Grupa analitică	Cationul	Reacția caracteristică	Reacția sensibilă	Modul de executare a reacției	Limita de detecție și diluția limitată
		acid azotic cu bioxid de plumb: coloratie violetă	sulfat în prezența ionilor de argint: coloratie violetă		
	Zn^{2+}	În soluție de acid acetic sau de hidroxid de sodiu cu reactiv de difenil-tiocarbazonă (ditizonă) în tetraclorură de carbon: coloratie roșie-purpurie	Idem	În eprubetă	0,9 gamma
	Be^{2+}	Sub acțiunea carbonatului de amoniu: precipitat alb, solubil în exces de reactiv	Cu amoniac: precipitat alb	În eprubetă	
	UO_2^{2+}	Cu hidroxid de sodiu: precipitat galben amorf, solubil în carbonat de amoniu	În soluție clorhidrică sau azotică, cu ferocianură de potasiu: precipitat brun	În eprubetă	1 gamma
	Ti^{4+}	În soluție sulfurică cu apă oxigenată: coloratie galbenă	Idem	În eprubetă	2 gamma (25000)
IV	Ca^{2+}	În soluție neutră, în prezența clorurii de amoniu, cu ferocianură de potasiu: precipitat alb	Idem	În eprubetă	25 gamma (200000)
	Sr^{2+}	În soluție neutră cu rodizonat de sodiu: precipitat roșu	Idem	Pe hârtie de filtru	0,45 gamma

Grupa analitică	Cationul	Reacția caracteristică	Reacția sensibilă	Modul de executare a reacției	Limita de detecție și diluția limitată
	Ba^{2+}	În soluție clorhidrică cu rodizonat de sodiu: precipitat roșu	Idem	Pe hârtie de filtru	0,53 gamma (94000)
V	Mg^{2+}	În soluție amoniacală și cu clorură de amoniu, cu fosfat disodic: precipitat alb, cristalin	În soluție de hidroxid de sodiu cu chinalizarină: precipitat: albastru	În eprubetă	0,25 gamma (200000)
	Na^{+}	În soluție neutră sau de acid acetic, cu acetat de zinc și uranil: precipitat galben	Aceeași sau coloratia flăcării: galbenă	Reacție în picătură	12,5 gamma (4000)
	K^{+}	În soluție neutră sau de acid acetic, cu hexa-nitrocobaltiat de sodiu: precipitat galben	Aceeași sau coloratia flăcării: violet pal	Reacție în picătură	300 gamma (20000)
	NH_4^{+}	Cu reactivul Nessler: precipitat sau coloratie brună-galbenă	Idem	În eprubetă	0,5 gamma (12000000)
	Li^{+}	Coloratia flăcării în roșu viu	Idem		0,3 mg / 5 ml
	Rb^{+}	Linii spectrale caracteristice: 781 nm (roșie), 412 nm (albastră)	Idem		
	Cs^{+}	Linia spectrală caracteristică: 458 nm (albastră)	Idem		
	H^{+}	Reacție acidă, hârtia de turnesol se înroșește	Idem		

Grupa analitică	Cationul	Reacția caracteristică	Reacția sensibilă	Modul de executare a reacției	Limita de detecție și diluția limitată
Grupa vanadiului	V^{5+}	În soluție sulfurică, sub acțiune apei oxigenate: coloratie roșie-brună	Idem	În eprubetă	2,5 gamma (20000)
și wolfra-mului	WO_4^{2-}	Prin fierbere cu acid azotic: precipitat de culoare galbenă	Prin încălzire în soluția acidă cu clorură stanoasă sau zinc: precipitat sau coloratie albastră	Reacție în picătură	5 gamma (10000)

1.4. Metode de identificare a anionilor

Tabelul 1.3

Grupa analitică	Cationul	Reacția caracteristică	Reacția sensibilă	Modul de executare a reacției	Limita de detecție și diluția limitată
I	CO_3^{2-}	Cu soluție neutră de sulfat de magneziu (în absența ionilor de amoniu): precipitat alb	Sub acțiunea acizilor tari: se degajă CO_2	În eprubetă	
	HCO_3^-	Soluția tratată cu fenoltaleină: coloratie slab roză, care prin încălzire devine roșie	Sub acțiunea acizilor se: degajă CO_2	În eprubetă	
	SO_3^{2-}	Prin încălzire cu acizi tari se degajă bioxid de sulf	În soluția neutră cu nitroprusiat de sodiu: coloratie roză	Reacție în picătură	3,2 gamma (16000)

Grupa analitică	Cationul	Reacția caracteristică	Reacția sensibilă	Modul de executare a reacției	Limita de detecție și diluția limitată
	$S_2O_3^{2-}$	Prin fierbere cu acid clorhidric: se degajă bioxid de sulf, iar în soluție apare o tulbureală albă (S)	Cu azotat de argint: precipitat alb, care prin încălzire se înnegrește	În eprubetă	2 gamma (2500000)
	S^{2-}	Cu acizi tari: se degajă hidrogen sulfurat, care înnegrește hârtia cu acetat de plumb	Dintr-o soluție de iodazidă--iod: se degajă azot	Microchimic	0,3 gamma (166000)
	S_x^{2-}	Cu acizi tari: se degajă hidrogen sulfurat, iar în soluție apare o tulbureală albă (S)	Din soluția iodazidă-iod: se degajă azot	Microchimic	0,3 gamma (166000)
	SiO_3^{2-}	Reacția de formare a tetrafluorurii	În soluție clorhidrică cu molibdat de amoniu: coloratie galbenă	În eprubetă	
	ClO^-	În mediu neutru decolorează soluția de indigo	Prin încălzire cu acizi tari: se degajă clor, care albăstrește hârtia amidon-iodură de potasiu	În eprubetă	
II	SO_4^{2-}	În soluție clorhidrică, cu clorură de bariu: precipitat alb	Idem	În eprubetă	
	PO_4^{3-}	În soluție azotică, cu molibdat de amoniu: precipitat galben	Idem	În eprubetă	5 gamma (1000)
	BO_3^{3-}	Cu acid sulfuric concentrat și alcool, dacă se aprinde: flăcări cu marginea verde	Pe hârtia de curcuma: coloratie roșie; hidroxid de sodiu: coloratie neagră		15 gamma (1000000)

Grupa analitică	Cationul	Reacția caracteristică	Reacția sensibilă	Modul de executare a reacției	Limita de detecție și diluția limitată
	F^-	1. Reacția de atacare a sticlei 2. Reacția de formare a tetrafluorurii	Lacul roșu de alizarină zirconiu: se îngălbenește	În eprubetă	5 gamma / 5 ml
	IO_3^-	În soluție sulfurică, cu zinc metalic, la care se adaugă apoi acid azotic și azotat de argint: precipitat galben	În soluție acidă, cu acid arsenios: separare de iod,care în tetraclorură de carbon se dizolvă cu o coloratie violetă	În eprubetă	140 gamma (14000)
	BrO_3^-	Prin încălzire cu acid sulfuric concentrat degajă vapori de brom	Cu azotat de argint dă un precipitat alb, solubil în acid azotic	În eprubetă	2,5 mg (800)
III	Cl^-	În soluție azotică, cu azotat de argint: precipitat alb	Idem	În eprubetă	5 gamma (1100000)
	Br^-	Cu apă de clor se separă brom, care se dizolvă în tetraclorură de carbon, cu o coloratie brună	Încercarea cu fluoresceină: sub acțiunea bromului eliberat, hârtia galbenă cu fluoresceină se înroșește	În eprubetă	3 gamma
	J^-	Cu apă de clor se separă iod, care se dizolvă în tetraclorură de carbon, cu coloratie violetă	Cu azotat de argint: precipitat gălbui	În eprubetă	6 gamma (1000000)
	CN^-	Reacția albastrului de Berlin: sulfat feros, apoi clorură ferică și acidulare: coloratie albastră	Reacția albastrului de	Pe hârtie de filtru benzidină	1 gamma

Grupa analitică	Cationul	Reacția caracteristică	Reacția sensibilă	Modul de executare a reacției	Limita de detecție și diluția limitată
	SCN^-	În soluție clorhidrică, cu clorură ferică dă o coloratie roșie ca sângele	Idem	Microchimic	0,25 gamma (200000)
	$Fe((CN)_6)^{3-}$	În soluție clorhidrică, cu sulfat feros: precipitat sau coloratie albastră	Idem		
	$Fe((CN)_6)^{4-}$	În mediu clorhidric, cu clorură ferică: precipitat sau coloratie albastră	Idem	În eprubetă	
IV	NO_3^-	Cu acid sulfuric concentrat și o soluție concentrată de sulfat feros: inel brun	După reducere cu zinc metalic: reacția Griess-Ilosvay	În microeprubetă	0,05 gamma (1000000)
	NO_2^-	Reacția Griess-Ilosvay: acid sulfanilic și alfa-naftil-amină: coloratie roșie	Idem	In microeprubetă	0,01 gamma (5000000)
	CH_3COO^-	Prin frecare cu sulfat acid de potasiu: miros de acid acetic	Idem	Se execută cu substanța solidă	
	ClO_3^-	În soluție sulfurică se reduce cu zinc metalic, apoi se adaugă azotat de argint: precipitat alb	Idem	În eprubetă	
	$S_2O_8^{2-}$	La încălzire cu clorură de bariu: se formează încet un precipitat alb	Idem	În eprubetă	
	$HCOO^-$ (formiat)	La încălzire cu soluție de clorură mercurică: precipitat alb	Idem	În eprubetă	
	$(COO)_2^{2-}$ (oxalat)	La încălzire cu acid sulfuric și permanganat de potasiu: se degajă bioxid de carbon	Idem	În eprubetă	

1.5. Metode rapide de identificare a unor substanțe

Tabelul 1.4.

Nr. crt.	Parametrul chimic care se testează	Denumirea testului (autorul), reactivii folosiți și modul de lucru	Semnele care indică prezența substanței căutate
1	Acizi biliari în urină	Testul Oliver. În proba de analizat se introduce un volum de soluție preparată prin dizolvarea a 1,12 g acid salicilic și 8,33 g peptonă în 1000 ml apă ce conține două picături de acid acetic	Turbiditate
2	Acid cianhidric în aer	Testul Moir. Se umectează o hârtie de filtru cu o soluție preparată prin dizolvarea a 1 g o-toluidină + 1,5 g acetat de cupru + 0,5 ml acid acetic glacial, în 100 ml apă; se introduce hârtia în spațiul ce se controlează	Culoare albastră
3	Albumină în urină	Testul Almen. Se introduce în proba de analizat un volum de soluție obținută din 5 g acid tanic, 10 ml acid acetic 25% și 240 ml alcool etilic 50%	Turbiditate
4	Albumină în urină	Testul Roberts. Se introduce în proba de analizat un volum dintr-un amestec conținând 250 ml soluție saturată de sulfat de magneziu și 50 ml HNO_3	Inel alb
5	Albumină sau peptone	Testul Molisch. Peste 1 ml din lichidul ce se testează se adaugă 5 ml acid sulfuric concentrat și 2 picături dintr-o soluție conținând 2 g α-naftol în 10 ml alcool	Culoare roșie sau violetă
6	Alcaloizi	Testul Jaworowsky. Alcaloizii solubilizați în acid acetic 5% se tratează cu o soluție preparată din: a) vanadat de sodiu, 0,3 g în 10 ml apă; b) sulfat de cupru: 0,2 g în 100 ml apă; c) acid acetic, până ce soluția devine limpede, clară	Precipitat galben sau turbiditate
7	Alcaloizi	Testul Paim. În proba de analizat se introduce un volum de soluție de clorură de plumb	Precipitat
8	Alcool etilic	Testul Agulhon. Peste proba de analizat se adaugă un volum de soluție conținând 0,5 g bicromat de potasiu în 100 ml acid azotic concentrat	Culoare albastră, care la încălzire se schimbă în verde
9	Alcool etilic	Testul Vitali. Peste proba ce se testează se adaugă sulfură de carbon, molibdat de amoniu, hidroxid de potasiu și, în exces, acid sulfuric diluat	Culoare roșie

Nr. crt.	Parametrul chimic care se testează	Denumirea testului (autorul), reactivii folosiți și modul de lucru	Semnele care indică prezența substanței căutate
10	Alcool amilic în alcool etilic	Testul Borntrager. În proba de analizat se adaugă 3 picături de acid clorhidric concentrat și 10 picături de anilină incoloră	Culoare roșie ca zmeura
11	Amidon	Testul Alber. Proba de analizat se amestecă cu 2 părți acid clorhidric concentrat și o parte apă; se agită 3 minute	Dacă amidonul este curat (neamestecat), nu se schimbă nimic; dacă este amestecat cu amidon de grâu sau cartof, se formează o pastă gelatinoasă
12	Apă în alcool	Testul Claus. În proba de testat se adaugă antrachinonă și amalgam de sodiu	Culoare roșie care dispare la scuturare și reapare la liniștire
13	Apă în alcool (1:500)	Testul Crismer. În proba de testat se adaugă parafină lichidă	Turbiditate
14	Apă oxigenată	Testul Crismer. În proba ce se testează se adaugă 3-4 ml molibdat de amoniu, soluție 10% și 5 picături acid citric	Culoare galbenă
15	Apă oxigenată	Testul Campbelstark. În proba de testat se introduce un volum egal de eter, se amestecă, se adaugă 5 picături de acid cromic și se agită	Culoare albastră
16	Apă oxigenată	Testul Arnold-Mentzel. În proba de testat se introduce un volum de soluție conținând 1g acid vanadic în 100 ml acid sulfuric diluat	Culoare roșie
17	Bilirubină	Testul Hammerstein. Peste produsul de testat se adaugă câteva picături dintr-un amestec format din 5 ml HNO_3 25% și 95 ml HCl 25%	Culoare verde
18	Carne de cal	Testul Brrutigam-Edelman. 50 g carne tocată se fierbe în 300 ml apă, se răcește, se adaugă acid azotic 1:1 și se filtrează; filtratul se suprapune peste o soluție apoasă saturată de iod	Culoare roșu-închis (glicogenul prezent)
19	Ceară de albine	Testul Buchner. Proba de testat se fierbe cu o soluție alcoolică 25% de hidroxid de potasiu, după care se trece pe baia de apă	Dacă conține parafină sau ceresin, se separă straturi uleioase
20	Făină de porumb în făină de grâu	Testul Uffelmann. Se fierbe făina cu o soluție alcoolică slabă de hidroxid de sodiu	Culoare galbenă spre roșie

Nr. crt.	Parametrul chimic care se testează	Denumirea testului (autorul), reactivii folosiți și modul de lucru	Semnele care indică prezența substanței căutate
21	Fenoli	Testul Candussio. Se adaugă în soluția ce se testează o soluție de ferocianură de potasiu 1% cu 10-20% amoniac	Culori caracteristice succesiunii de culori
22	Fenoli	Testul Dehnscott. Se prepară o soluție alcoolică cu 0,1% din substanța ce se testează, peste care se adaugă 2-3 picături dintr-o soluție de hipobromit de sodiu	Culori caracteristice
23	Glicogen	Testul Goldstein. În proba de testat se adaugă un volum dintr-o soluție preparată prin dizolvarea a 2 g iod și 6 g iodură de potasiu în 120 ml apă distilată	Culoare brună
24	Glucide	Testul cu alfa-naftol. Se amestecă un volum de soluție de cercetat cu 2-3 picături soluție alcoolică 1% de alfa naftol și apoi se adaugă1-1,5 ml acid sulfuric concentrat (d = 1,84)	Inel violet la limita dintre straturi
25	Glucide	Testul Selivanov. Se amestecă un volum soluție de cercetat cu două volume reactiv Selivanov (rezorcină 0,01 g în 10 ml H_2O + 10 ml HCl concentrat)	Culoare roșu-deschis
26	Glucoză	Testul Lowenthal. În proba de analizat se adaugă un volum de soluție preparată din 5 g clorură ferică, 60 g acid tartric, 240 g carbonat de sodiu și apă distilată până la 500 ml	Precipitat negru, la încălzirea cu o soluție ce conține glucoză
27	Glucoză în urină	Testul Schreiber. În proba de analizat se adaugă un volum de soluție ce conține 2 g sulfat de cupru, 2 g salicilat de sodiu și 2 g carbonat de sodiu în 88 ml apă distilată	Precipitat verde-închis sau galben la încălzire. Precipitatul negru-gri arată lipsa glucozei
28	Lipide	Testul cu vanilină. Se amestecă 5 picături din proba de cercetat cu 2 ml acid sulfuric, 2 ml acid fosforic și 0,5 ml soluție 0,6 % apă distilată, de vanilină. După o menținere de 15 minute la 37 grade amestecul este răcit	Culoare violetă
29	Miere de albine	Testul Beckman. 1 gram miere de albine se dizolvă în 4 ml apă. Se adaugă 3 ml soluție de hidroxid de bariu și 17 ml metanol	Precipitat fluoculant
30	Miere artificială (zahăr invertit)	Testul Fiche. Se introduce în probă o soluție formată din 100 g HCl și 1 g resorcinol	Culoare roșie-violet indică prezența zahărului invertit

Nr. crt.	Parametrul chimic care se testează	Denumirea testului (autorul), reactivii folosiți și modul de lucru	Semnele care indică prezența substanței căutate
31	Morfină	Testul Struve. Peste soluția ce se testează se adaugă acid fosfomolibdenic și apoi acid sulfuric concentrat	Precipitat albastru care la încălzire devine brun
32	Nicotină	Testul Schindel-Meiser. Peste proba de testat se adaugă o picătură de formaldehidă 30% (liberă de acid formic) și o picătură de acid azotic	Culoare roz-roșie
33	Proteine	Testul Bardach. Peste 5 ml din soluția diluată ce se testează se adaugă 3 picături de acetonă 0,5% apoi 0,1-0,2 ml soluție Lugol (iod în iodură de potasiu) acidificată cu acid acetic și 3 ml amoniac	Ace galbene
34	Proteine	Testul Biuret. Se amestecă un volum soluție de cercetat cu un volum de NaOH 20-30% și 3-5 picături soluție de sulfat de cupru (diluată 1/30 dintr-o soluție saturată apoasă)	Culoare violet-viu
35	Sânge	Testul Schaer. Se amestecă proba cu acid acetic glacial și se tratează apoi cu o soluție concentrată de cloral hidrat. Se adaugă peste extract porțiuni mici de guaiacol și apoi apă oxigenată	Culoare albastră
36	Solanină	Testul Bach. Peste un amestec egal de acid sulfuric și alcool se adaugă produsul ce se testează	Culoare roșie, persistentă 5-6 ore
37	Solanină și solanidină	Testul Alberti. Se dizolvă materialul într-o picătură de acid acetic glacial + 1-2 picături de acid sulfuric concentrat; se adaugă apoi o picătură de apă oxigenată 0,5% sau formaldehidă 1%	Culoare roșie-purpurie
38	Timol	Testul Stromer. O cantitate mică de probă se dizolvă în soluție concentrată de KOH, se adaugă câteva picături de cloroform și se încălzește.	Culoarea violetă; la agitare devine roșie--violetă
39	Triptofan	Testul Tiedmann-Gmelin. Se adaugă în proba apă de brom	Culoare roșie-violetă
40	Triptofan	Testul Tillmans. Peste proba de testat se adaugă puțină formaldehidă și acid sulfuric 66%, în exces	Culoare galbenă
41	Ulei de semințe de bumbac	Testul Halpen. 3 ml din uleiul ce se testează se amestecă cu 3 ml dintr-o soluție de sulf 1%	Culoare roșie

Nr. crt.	Parametrul chimic care se testează	Denumirea testului (autorul), reactivii folosiți și modul de lucru	Semnele care indică prezența substanței căutate
		în sulfură de carbon și cu 3 ml alcool amilic; se încălzește 15 minute într-o soluție concentrată de NaCl	
42	Ulei de semințe de bumbac în ulei de măsline	Testul Kuever. În proba de testat se introduce o soluție preparată din 2 g de sulf precipitat în 100 ml piridină și 100 ml sulfură de carbon	Culoare roșie la încălzire
43	Ulei de in	Testul Halpen. Peste 0,5 ml ulei ce se testează se adaugă 1 ml dintr-o soluție de brom cu tetraclorură de carbon (10 ml + 15 ml)	Turbiditate
44	Ulei de arahide cu ulei de măsline	Testul Blarez. 1 ml ulei se saponifică cu o soluție alcoolică de hidroxid de potasiu 5%; se încălzește 20 minute	La răcire, un precipitat solid indică peste 5% ulei de arahide
45	Ulei sau grăsimi în descompunere (vechi)	Testul Stamm. Se iau 10 picături din uleiul ce se testează sau o cantitate mică de grăsime, se amestecă cu ulei de caselină și se adaugă 5 picături dintr-un reactiv preparat prin amestecarea a 0,1 g difelcarbazidă în 10 ml ulei de vaselină pur. Se încălzește 3 minute	Uleiul și grăsimile în descompunere, cu aciditate liberă, colorează roz-roșu (rânced). Cele proaspete nu colorează
46	Uleiuri vegetale în grăsimi animale	Testul Geuther. Produsul de testat se tratează cu o soluție de fosfomolibdat de sodiu (5 g în 25 ml apă + 25 ml acid azotic cu d = 1,40) + cloroform	Culoare verde-închis în mai puțin de 2 minute
47	Vinul alb din struguri	Testul Schonvogel. Pentru a distinge vinul alb din struguri de cidru: 25 ml extract se spală cu 10 ml eter; se adaugă 2 ml amoniac 0,5% și câteva cristale de *p*-fenil-endiamino clorhidric	Cidrul colorează roz-roșu; vinul alb colorează alb, galben
48	Vin roșu colorat artificial	Testul Blarez. Peste 10 ml din proba ce se testează se adaugă 10 picături de acid acetic. Se încălzește la 100°C și se adaugă 0,2 g pudră de acetat de mercur	Culoarea naturală precipită iar culorile artificiale adăugate rămân în supernatant
49	Vin roșu colorat cu fucsină	Testul Brunner. Se adaugă acid stearic în probă și se încălzește	Devine violet în raport cu solidificarea acidului stearic
50	Vin roșu colorat artificial	Testul Nessler. Se adaugă în probă o soluție preparată din 7 g alaun și 10 g acetat de sodiu în 100 ml apă distilată	Se decolorează
51	Vitamina A în uleiuri	Testul Pacini-Taras. Peste o picătură din uleiul ce se testează se adaugă guaicol, 2	Culoare purpurie spre roșie

Nr. crt.	Parametrul chimic care se testează	Denumirea testului (autorul), reactivii folosiți și modul de lucru	Semnele care indică prezența substanței căutate
		picături fenol și 1 ml acid percloric în 5 ml cloroform	
52	Vitamina B1	Testul Jendrassik. În proba de testat se adaugă un volum dintr-un amestec format din 5 ml soluție de clorură ferică 0,1*n* și 5 ml soluție de ferocianură 0,1*n*	Culoare albastră închis sau precipitat
53	Vitamina C	Testul Girl. În proba de testat se adaugă o soluție de acid tricloroacetic, fericianură de potasiu și molibdat de amoniu în acid sulfuric	Precipitat galben
54	Vitamina C	Testul Pittarelli. Peste soluția ce se testează se adaugă o soluție de sulfat de cupru și, cu picătura, o soluție diluată de tiocianat	Precipitat alb și verde la un exces de tiocianat; Precipitat alb în soluție de clorură mercurică
55	Vitamina C	Testul Szent-Gyorgy. Soluția ce se testează se alcalinizează ușor și se adaugă sulfat feros 1%; se expune la aer	Culoare violet-închis
56	Vitamina D în ulei	Testul Stoeltzner. Uleiul sau untura de pește se tratează cu pentaoxid de fosfor	La un conținut peste 1 % vitamină D, culoarea este roșie-brună și începe să se închidă devenind neagră
57	Vitaminele A, C, D	Testul Wait. Se adaugă peste soluția de testat o soluție formată din acid fosfomolibdenic 1% în acid acetic	Culoarea albastră: vit. A și C; Culoarea verde: vitamina D; Culoarea verde și apoi albastră: vit. A și D

2

Analiza chimică cantitativă

2.1. Dizolvarea și dezagregarea substanțelor

Pentru a aduce în soluție o substanță necunoscută se încearcă, pe rând și în următoarea ordine, solubilitatea acesteia în:

1. Apă distilată
2. Acid clorhidric diluat
3. Acid clorhidric concentrat
4. Acid azotic diluat
5. Aciz azotic concentrat
6. Acid sulfuric diluat
7. Acid sulfuric concentrat

Dacă substanța respectivă rezistă la acizii minerali simpli se încearcă solubilitatea ei în amestec de acizi:

1. $HCl + HNO_3$
2. $HNO_3 + HCl$
3. $HNO_3 + H_2SO_4$
4. $H_2SO_4 + HClO_4$

Dacă substanța rezistă și la amestecurile de acizi, se încearcă o dezagregare pe cale umedă a acesteia, cu acid sulfuric + acid fluorhidric, în creuzet de platină, sau o dezagregare pe cale uscată, cu un amestec echimolar de carbonat de sodiu și carbonat de potasiu, sau cu alți fondanți.

La dezagregările cu ajutorul acizilor se umectează întâi substanța de dezagregat cu câteva picături de apă distilată și apoi se adaugă acidul. Nu se adaugă direct acidul concentrat, deoarece acestea provoacă separarea unei pelicule gelatinoase care protejează granula de acțiunea ulterioară a acidului.

La alegerea acidului se ține seama de compoziția probei de dezagregat, propri-

etățile oxido-reducătoare ale elementului de dozat fiind determinante. Astfel, pentru dizolvarea metalelor mai negative decât hidrogenul trebuie să se întrebuințeze acizi neoxidanți (HCl, H_2SO_4 diluat), iar pentru dizolvarea metalelor mai pozitive decât hidrogenul –metalele nobile– se folosesc acizii oxidanți concentrați, la cald (HNO_3, H_2SO_4, $HClO_4$) sau amestecurile de acizi (HNO_3 + HCl; HNO_3 + H_2SO_4; H_2SO_4 + + H_3PO_4 + $HClO_4$ etc.).

Dizolvarea substanțelor capabile să fie reduse se efectuează cu un agent reducător, printr-o reacție de oxido-reducere iar substanțele capabile să fie oxidate sunt atacate cu un agent oxidant.

Amestecurile de acizi se întrebuințează la dezagregarea materialelor mai rezistente la acțiunea acizilor simpli sau pentru a imprima atacului probei un anumit caracter, în concordanță cu scopul analitic urmărit (dizolvare oxidantă, formare de compuși volatili, formare de complecși etc.).

Amestecurile de acizi mai des întrebuințate pentru dezagregare sunt:

- apa regală (3 părți HCl cu densitatea 1,19 și o parte HNO_3, cu densitatea 1,40);
- amestecul Lunge (apa regală inversă), format din 3 părți HNO_3 (d = 1,40) și o parte HCl (d = 1,19);
- amestecul de 3 acizi: 10 părți HNO_3 (d = 1,40) + 30 părți HCl (d = 1,19) + 15 părți H_2SO_4 (d = 1,84) + 45 părți apă distilată
- amestec de acid azotic sau sulfuric și acid fluorhidric: 10 părți HF (d = = 1,13) și 8–10 părți HNO_3 (d = 1,40) sau H_2SO_4 1:1.

2.1.1. Caracteristicile unor acizi concentrați

Tabelul 2.1.

Denumirea acidului	Masa moleculară a substanței dizolvate	Corelația dintre		Concentrația [%]	Densitate [g / cm]
		N	*M*		
Acid clorhidric	36,462	12	12	37,23	1,19
Acid sulfuric	98,077	36	18	95,6	1,84
Acid azotic	63,033	16	16	69,8	1,42
Acid fluorhidric	20,006	20	20	40,0	1,13
Acid percloric	100,458	9	9	60,0	1,54
Acid fosforic	97,995	11	3,66	70,0	1,53
Acid acetic glacial	60,052	17	17	99,5	1,05

N = normalitate
M = molaritate

2.1.2. Fondanti utilizati pentru dezagregarea probelor de minereuri si silicati

Tabelul 2.2.

Nr. crt.	Fondantul	Caracteristica fondantului	Raportul material / fondant	Domeniul de întrebuințare	Felul creuzetului în care se poate face dezagregarea
1	Carbonat de sodiu anhidru	Alcalin	1:6-8	Analiza silicaților, argilelor, materialelor refractare, reziduurile insolubile în acizi, zgurilor insolubile (acide), descompunerea sulfaților greu solubili	De platină, nichel sau fier
2	Carbonat de potasiu anhidru	Idem	Idem	Idem	Idem
3	Amestec echimolar de carbonat de sodiu anhidru și carbonat de potasiu anhidru	Idem	Idem	Idem	Idem
4	Bicarbonat de sodiu	Idem	1:12-14	Idem	Idem
5	Carbonat de sodiu anhidru (6p) + azotat de potasiu (0,5p)	Alcalin--oxidant	1:8-10	Determinarea sulfului total, arseniului, cromului, vanadiului, fosforului din minereuri. Separarea titanului de vanadiu, crom, silice etc.	Idem
6	Carbonat de sodiu anhidru (3p) + borat de sodiu (2p)	Alcalin--oxidant	1:10-12	Analiza materialelor refractare greu dezagregabile, cromit, ilmenit disten etc.	De platină
7	Carbonat de sodiu anhidru (2p) + oxid de magneziu (1p)	Alcalin--oxidant	1:10-14	Determinarea cromului, manganului, dezagregarea feroaliajelor, cromitului etc.	Creuzete de Pt, Ni, Fe, cuarț, porțelan

Nr. crt.	Fondantul	Caracteristica fondantului	Raportul material / fondant	Domeniul de întrebuințare	Felul creuzetului în care se poate face dezagregarea
8	Carbonat de sodiu anhidru (1p) + oxid de magneziu (2p)	Idem	1:4-10	Determinarea sulfului din cărbune, dezagregarea feroaliajelor	Creuzete de Ni, Fe, Ag, cuarț, porțelan
9	Carbonat de sodiu anhidru (1p) + oxid de zinc (1p)	Idem	1:8-10	Determinarea sulfului din minereuri sulfuroase	Creuzete de cuarț sau de porțelan
10	Carbonat de sodiu sau de potasiu anhidru (1p) + tartrat de potasiu (1p)	Alcalin--reducător	Idem	Separarea cromului (Cr_2O_3) de vanadiu (V_2O_3)	Creuzete de platină sau de porțelan
11	Peroxid de potasiu	Alcalin--oxidant	1:6-8	Determinarea sulfului, cromului, vanadiului, manganului, siliciului, fosforului din minereuri și feroaliaje, molibdenului din molibdenită etc.	Creuzete de Ni, Fe, Ag
12	Peroxid de sodiu (5p) + carbonat de sodiu anhidru (1p)	Idem		Idem	Idem
13	Peroxid de sodiu (1p) carbonat de sodiu (5p) anhidru, sau NaOH (5p)	Alcalin--oxidant	1:6-8	Determinarea vanadiului, molibdenului și wolframului	Creuzete de Ni, Fe, Ag
14	Hidroxid de sodiu sau de potasiu	Alcalin	1:8-10	Determinarea staniului din minereuri. Separarea titanului de aluminiu, în prezența fierului	Idem
15	Hidroxid de sodiu sau de potasiu (6p) + azotat de potasiu (0,5p)	Alcalin--oxidant	1:4-6	Înlocuitor al peroxidului de sodiu (nr. crt. 11, 12, 13)	Idem
16	Cianură de potasiu	Alcalin--reducător	1:3-4	Separarea cuprului (CuO), fosforului (P_2O_5) și fierului (Fe_2O_3) de staniu (SnO_2) și de stibiu (Sb_2O_4).	Creuzete de cuarț și de porțelan

Nr. crt.	Fondantul	Caracteristica fondantului	Raportul material / fondant	Domeniul de întrebuințare	Felul creuzetului în care se poate face dezagregarea
17	Sulfat acid de potasiu sau de sodiu	Acid	1:12-14	Dezagregarea oxizilor de titan, fier, aluminiu, cupru, a minereurilor de wolfram (separarea acidului silicic și wolframic)	Creuzete de Pt, cuarț și de porțelan
18	Carbonat de sodiu anhidru (1p) + sulf cristalizat fin mojarat (1p)	Alcalin de sulfurare	1:8-12	Separarea molibdenului, arseniului, stibiului și staniului de plumb, cupru, argint etc. Dezagregarea minereurilor colorate (oxizi de ardere). Separarea titanului de vanadiu	Creuzete de cuarț și de porțelan
19	Pirosulfat de potasiu sau de sodiu	Acid	1:8-12	Dezagregarea oxizilor de titan, fier, aluminiu, cupru, a minereurilor de wolfram (separarea acidului silicic și wolframic)	Creuzete de Pt, cuarț și de porțelan
20	Carbonat de potasiu (1,5p) + sulf cristalizat, fin mojarat (1p)	Alcalin de sulfurare	1:8-12	Separarea molibdenului, arseniului, stibiului și staniului de plumb, cupru, argint etc. Dezagregarea minereurilor colorate (oxizi de ardere). Separarea titanului de vanadiu	Creuzete de cuarț și de porțelan
21	Anhidridă borică (se topește în prealabil și se mărunțește fin)	Acid	1:5-8	Descompunerea silicaților, determinarea metalelor alcaline	Creuzete de Pt
22	Fluorură acidă de potasiu (1p) + pirosulfat de potasiu (10p)	Acid	1:8-10	Dezagregarea minereurilor cu zirconiu	Creuzete de Pt

p = parte, părți (aici, unități de masă)

2.1.3. Reguli de manipulare a instrumentelor și vaselor de laborator din platină

1. Creuzetele și capsulele din platină se calcinează în cuptoare electrice sau la flacăra oxidantă (albastră) a unui bec de gaz; flacăra reducătoare (galbenă) duce la formarea carburii de platină care este fragilă și, deci, la deteriorarea acestor obiecte;

2. Pentru ca platina să nu se deterioreze, din cauza formării aliajelor cu alte metale sau a fosfurii și sulfurii de platină (care sunt fragile), se interzice calcinarea în vasele de platină a următoarelor substanțe:

a) combinațiile substanțelor care se reduc ușor ($PbSO_4$, PbO_2, $Zn_3(PO_4)_2$, SnO_2, BiO, SbO, Fe_3O_4);

b) combinațiile conținând fosfor și sulf, în prezența reducătorilor (hârtia de filtru, de exemplu); astfel, nu se vor calcina în aceste creuzete: $AlPO_4$; $MgNH_4PO_4$; MnS; NiS etc.;

3. La topirea probelor bogate în fier, partea principală de fier se îndepărtează în prealabil prin dizolvarea probelor de analizat în acizi;

4. În vasele de platină nu se efectuează topituri cu: peroxid de sodiu, cu alcalii (sunt puternic corozive) și nici amestec de sodă cu sulf și tiosulfat;

5. La manevrarea obiectelor din platină, se va evita deformarea acestora;

6. Obiectele din platină se curăță cu HCl (fără HNO_3), la cald, sau cu HNO_3 (*fără* HCl), de asemenea la cald. Dacă acest mod de curățare nu este suficient, se topește în vasele de platină carbonat de sodiu, bisulfat de potasiu sau pirosulfat de potasiu.

2.1.4. Curățirea creuzetelor de porțelan și a celor de cuarț

Curățirea creuzetelor de porțelan și a celor de cuarț se face prin fierbere cu acizi tari sau prin topirea în aceste creuzete a unor cantități mici de pirosulfat de potasiu; nu se va utiliza în acest scop acidul fluorhidric, întrucât atacă cuarțul.

Tabelul 2.3. Temperaturile unor flăcări

Gazul combustibil	Aer		Oxigen	
	% gaz	t, °C	% gaz	t, °C
Hidrogen	81,6	2045	73	2525
Oxid de carbon	32	2100	80	2805
Metan	10	1875	45	2930
Acetilenă	9	2325	44	3135
Gaz de iluminat	17,6	1918	65	2730

Tabelul 2.4. Corespondența între temperatura unui obiect încălzit și culoarea radiației emise

Temperatura [°C]	Culoarea	Temperatura [°C]	Culoarea
532	roșu închis	899	portocaliu
566	roșu sânge	941	portocaliu-deschis
635	vișiniu închis	996	galben
746	vișiniu	1079	galben-deschis
835	roșu deschis	1205	alb

Zonele unei flăcări și temperatura zonelor unei flăcări de bec de gaz

Fig. 2.1. Zonele unei flăcări
a – zona interioară (miezul)
b – zona intermediară
c – zona exterioară (mărită)

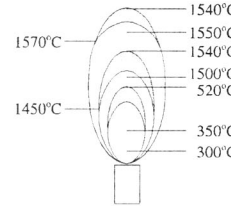


Fig. 2.2. Temperatura zonelor unei flăcări de bec de gaz

2.2. Analiza gravimetrică

2.2.1. Reguli de cântărire la balanța analitică

1. Înainte de cântărire, se curăță talerele balanței și se verifică punctul zero;
2. Nu se încarcă balanța peste sarcina maximă;
3. Nu se așează pe talerele balanței obiecte calde sau prea reci
4. Așezarea obiectelor și a greutăților pe talerele balanței, scoaterea lor de pe talere și –în general– atingerea balanței se fac numai după blocarea în poziția „închis";
5. Manevrarea opritorului balanței se face printr-o mișcare lentă;

6. Se va evita oscilația talerului balanței, scop în care greutatea sau obiectul de cântărit se vor pune cât mai pe centrul talerului;

7. Greutățile vor fi apucate numai cu penseta, iar obiectele de cântărit cu penseta sau cu cleștele de laborator;

8. Greutățile se păstrează numai la locul lor din cutia de greutăți;

9. Cutia se deschide numai în timpul scoaterii sau punerii greutăților;

10. După terminarea efectuării cântăririlor, se va verifica dacă balanța este blocată, dacă ușile sunt închise și dacă a fost adusă în poziția „zero";

11. Fiecare analiză sau grupă de analize legate între ele vor fi executate la aceeași balanță și cu aceeași cutie de greutăți;

12. La balanța analitică nu se fac cântăriri aproximative;

13. Dimensiunile vaselor în care se fac cântăririle nu trebuie să fie prea mari; aceste vase, care conțin substanțele de cântărit, nu se iau cu mâna, ci cu penseta sau cu cleștele de laborator;

14. Rezultatul cântăririi se notează imediat în caietul de laborator.

2.2.2. Etapele analizei gravimetrice

Analiza gravimetrică – metodă cantitativă bazată pe măsurarea masei unui precipitat – presupune parcurgerea mai multor etape experimentale și anume:

1) cântărirea exactă (la balanța analitică) a probei ce urmează să fie analizată;
2) dizolvarea probei cântărite;
3) îndepărtarea speciilor ce pot interfera în cadrul metodei alese, prin procedee adecvate;
4) ajustarea condițiilor experimentale (controlul pH-ului, prin adăugarea de soluții tampon, schimbarea stării de oxidare, concentrarea sau diluarea probelor, adăugarea de agenți de mascare etc.
5) adăugarea în soluțiile diluate de probă și, în general, la cald, a unui agent de precipitare adecvat (organic sau anorganic);
6) separarea precipitatului din soluție, prin intermediul filtrării;
7) spălarea precipitatului;
8) uscarea precipitatului până la masa constantă sau, după caz, calcinarea acestuia în cuptor electric până la masă constantă;
9) calcularea constituentului analizat din probă, pe baza masei probei, masei precipitatului și în funcție de stoechiometria reacției de transformare.

2.2.3. Formarea precipitatelor

Formarea unui precipitat este un fenomen complicat care are loc într-o serie de

etape ce surprind: saturarea, suprasaturarea, formarea germenilor de cristalizare și, în final, creșterea cristalelor. Cu alte cuvinte, prin adăugarea de cantități foarte mici de reactiv se formează la început o soluție a precipitatului care, pe măsura adăugării de noi cantități de reactiv, devine saturată și apoi suprasaturată, în această din urmă stare formându-se germenii de cristalizare, prin asocierea unui număr, mai mic sau mai mare, de ioni sau de molecule ale substanței care urmează să precipite; după formare, germenii de cristalizare vor continua să crească prin depunerea continuă de noi ioni, până la mărimea particulelor coloidale care se adună în agregate mai mari (microcristale), pe seama cărora se va ajunge – în ultima fază de cristalizare – la cristale.

Numărul germenilor de cristalizare care se formează într-o soluție depinde de gradul de suprasaturare a acesteia: în soluțiile puternic suprasaturate se formează un număr mare, obținându-se un precipitat fin, cu granule mici; în soluțiile slab suprasaturate, formarea germenilor de cristalizare se face mult mai încet decât creșterea lor, obținându-se precipitate de granulație mare.

Este de subliniat faptul că de forma și mărimea particulelor precipitatelor depinde solubilitatea acestora, cristalele mici fiind mai solubile decât cele mari.

2.2.4. Factorii care influențează precizia determinărilor în analiza gravimetrică

- Întrucât creșterea granulelor de precipitat se produce în timp, este necesar ca, înainte de filtrare, soluțiile în care s-a făcut precipitarea să stea mai multe ore sau chiar peste noapte;
- Creșterea cristalelor este favorizată de agitarea soluției în care are loc precipitarea (prin agitare, cristalele deja formate vin în contact cu noi cantități de ioni din soluție și astfel cresc);
- Căldura favorizează și grăbește transformarea microcristalelor în cristale mai mari, motiv pentru care majoritatea precipitărilor trebuie să se facă la temperaturi de 70–80 °C sau chiar la fierbere;
- Pentru ca precipitatele fine, cristaline sau amorfe, să se transforme în granule mai mari, ușor de filtrat, soluțiile în care se află precipitatele se mențin mai mult timp pe o baie de apă în fierbere;
- Dacă diferența între solubilitatea unui precipitat la temperatura camerei, față de cea de la temperatura de fierbere a soluției este mică, atunci este indicat ca filtrarea precipitatului să se facă la cald, deoarece vâscozitatea soluției se micșorează și filtrarea se face rapid (cazul $Fe(OH)_3$, $Al(OH)_3$, $Ti(OH)_4$ etc.);
- Dacă solubilitatea precipitatelor la cald este mult mai mare decât la temperatura camerei (cazul AgCl, de exemplu, care este de circa 15 ori mai solubilă la 100 °C decât la temperatura camerei), atunci filtrarea trebuie să se execute după ce soluția s-a răcit;

- Precipitările trebuie să se facă, pe cât posibil, numai în pahare de sticlă, acestea permițând observarea mai ușoară a sfârșitului precipitării și dacă precipitatul a fost adus cantitativ pe filtru (ceea ce este mai greu de observat când precipitările se fac în capsule);
- Când precipitările se fac în sau cu soluții puternic alcaline, care atacă mult mai ușor sticla decât glazura porțelanului, putând să impurifice precipitatul, se utilizează capsule de porțelan în locul paharelor;
- Volumul lichidului în care se face precipitarea trebuie stabilit în raport cu solubilitatea precipitatului și în funcție de volumul reactivului precipitant care urmează să se adauge;
- Reactivul precipitant se adaugă treptat, picătură cu picătură, cu o pipetă, cu o biuretă sau cu o sticlă picurătoare și nu dintr-o dată toată cantitatea;
- Pentru a evita pierderile prin stropire, adăugarea reactivului precipitant (și, în general, a oricărei soluții) se face prin intermediul baghetei de sticlă, lăsând lichidele să curgă pe aceasta și pe pereții paharului;
- În timpul adăugării reactivului precipitant, soluția din pahar se agită cu o baghetă de sticlă (cu capătul rotunjit în flacăra unui bec de gaz), pentru a evita suprasaturarea locală;
- Trebuie respectate ordinea de precipitare, ordinea în care se adaugă diferiții reactivi și timpii de menținere a precipitatelor în mediul de reacție, prevăzute în metodele de lucru;
- La precipitarea cu hidrogen sulfurat, trebuie să se evite întotdeauna adăugarea unei cantități prea mari de acid, din cauza solubilizării sulfurilor; de asemenea, se va evita prezența oricărui oxidant (acid azotos, nitriți, acid azotic concentrat, halogeni liberi, amestec de HCl și HNO_3, azotați, săruri ferice în cantități mari, apă oxigenată, cloriți etc.), care oxidează hidrogenul sulfurat la sulf, cu impurificarea sulfurii metalice, ce constituie o sursă de mari erori (în special când sulfurile urmează să fie determinate prin cântărire ca atare, așa cum este cazul HgS, de exemplu);
- Întrucât condițiile de precipitare ale metalelor grele sub formă de sulfuri diferă destul de mult de la un metal la altul, este necesar să se respecte întocmai toate amănuntele metodelor de lucru indicate (mai ales când este vorba de separarea elementelor);
- Precipitarea cu hidrogen sulfurat se face aproape întotdeauna în pahare de sticlă, acoperite cu sticlă de ceas, volumul soluției ocupând maximum 3/4 din capacitatea paharului, iar tubul prin care se aduce hidrogenul sulfurat (care trece prin spațiul lăsat liber între marginea paharului și cea a sticlei de ceas) nu va trebui să atingă fundul paharului ci, capătul său, va rămâne la aproximativ 1 cm deasupra acestuia; prin tubul spălat în

prealabil cu o soluție alcalină de permanganat de potasiu și cu apă distilată, și apoi uscat, se dă drumul hidrogenului sulfurat gazos să treacă înainte de a fi introdus în paharul cu soluția în care urmează să se facă precipitarea sulfurii; debitul gazului se stabilește astfel încât bulele acestuia să poată fi numărate cu ușurință, iar soluția se agită puternic din când în când (cu ajutorul tubului prin care se aduce gazul), pentru a evita separarea sulfurii în stare coloidală.

- Înainte de precipitarea cu hidrogen sulfurat, soluțiile acidulate se încălzesc până la fierbere, după care se trece gazul (până la răcirea acestora), sfârșitul reacției fiind pus în evidență de aglomerarea precipitatului și depunerea acestuia pe fundul paharului, respectiv de limpezirea soluției supernatante;
- Întrucât la fierbere unele cloruri ($HgCl_2$, $AsCl_3$ etc.) se pot volatiza o dată cu vaporii de apă, fierberea soluției înainte de precipitarea cu H_2S nu trebuie să dureze mult;
- Precipitările cu hidrogen sulfurat se fac sub nișă din cauza toxicității gazului;
- În cazurile speciale, în care pentru precipitarea unor sulfuri (As din acid arsenic, Mo, Pt etc.) este necesar ca hidrogenul sulfurat să acționeze sub presiune, operația se va face mai întâi la rece, prin saturarea soluțiilor cu H_2S, după care paharele bine acoperite cu sticle de ceas (din care s-a scos tubul prin care se aduce gazul) se vor încălzi timp de 1–2 ore pe o baie de nisip, iar în final se va barbota din nou și pentru scurt timp, hidrogen sulfurat;
- Pentru că precipitarea hidroxizilor metalici se face sub formă de flocoane cu aspect gelatinos care, asemeni particulelor coloidale, prezintă o suprafață mare de contact cu soluția, putându-se impurifica cu ușurință, prin reținerea altori ioni metalici la suprafața lor, iar spălarea unor asemenea precipitate se face greu (din cauza tendinței lor mari de peptizare, ce cauzează pierderi), pentru purificare se recomandă dizolvarea și reprecipitarea, de 2–3 ori, a hidroxizilor metalici;
- Unele precipitate formate prin fluoculare se peptizează și trec prin filtru, mai ales atunci când spălarea lor se face cu apă distilată și, de aceea, se recomandă ca spălarea precipitatelor să se facă cu soluții de electroliți potrivit alese și de o anumită concentrație. De exemplu, peptizarea precipitatelor de sulfuri (CuS, NiS etc.) este împiedicată dacă soluția se spălare conține acid clorhidric sau acid azotic, peptizarea precipitatelor de AgCl și de hidroxizi metalici este prevenită de spălarea cu soluții diluate de acid azotic, respectiv de hidroxid de amoniu și clorură de amoniu etc.;

- Pentru a evita fenomenul de postprecipitare (depunere succesivă a unor impurități din soluție), după ce precipitatul principal s-a separat în cea mai mare parte, când aceasta conține mai mulți alți ioni decât cel urmărit a se separa și doza), se recomandă ca unele precipitate să se filtreze, înainte de a sedimenta;
- Pentru a se obține precipitate cât mai pure, cristale cât mai perfecte, de dimensiuni suficient de mari pentru ca suprafața de adsorbție să fie cât mai mică, se recomandă ca precipitarea să se facă în soluții diluate, adesea la cald, ca precipitatele să fie lăsate în repaus (pentru maturare, îmbătrânire) un timp suficient dar nu prea lung, ca unele dintre ele să se rezolve și să se reprecipite.

2.2.5. Filtrarea precipitatelor

În analiza gravimetrică, pentru filtrarea precipitatelor se utilizează hârtia de filtru și creuzetele filtrante confecționate din sticlă sau din porțelan.

Hârtia din filtru *calitativă*, care se prezintă sub formă de coli, lasă după ardere cantități apreciabile de cenușă, care influențează rezultatele analizelor. Din această cauză, este necesar a se stabili cantitatatea de cenușă corespunzătoare acesteia, operația putându-se face după cum urmează: se taie un număr mare de rondele, se iau zece din ele și se calcinează, determinându-se masa medie a unei hârtii de filtru utilizată la filtrare, cu ajutorul căreia se vor face corecțiile de masă la precipitatele analizate. Toate aceste operații pot fi evitate dacă se folosește hârtia de filtru *cantitativă*, întrucât aceasta lasă după ardere cantități neglijabile de cenușă, de ordinul a 0,00003–0,00007 g.

Hârtia de filtru *cantitativă* frecvent utilizată în analiza gravimetrică este de 3 tipuri:

- hârtie *bandă albastră*, cu porii foarte mici, prin care se filtrează precipitatele foarte fine (AgCl, $BaSO_4$, SiO_2 etc.);
- hârtie de filtru *bandă albă*, cu porii de dimensiuni intermediare;
- hârtie de filtru *bandă neagră*, cu porii cei mai mari, utilizată pentru filtrarea precipitatelor gelatinoase, cum sunt cele de $Al(OH)_3$, $Fe(OH)_3$, $Ti(OH)_4$.

Hârtia de filtru cantitativă se prezintă sub forma unor rondele de dimensiuni diferite, mai utilizate fiind cele cu diametrul de 9 cm și de 11 cm.

Creuzetele filtrante din sticlă se întrebuințează pentru filtrarea precipitatelor care se cântăresc ca atare, după o simplă uscare în etuvă sau în vid, fără a fi calcinate. Sunt notate cu litera G, însoțită de o cifră: $1G_1$, $1G_2$, ..., $1G_5$; $2G_1$, $2G_2$, ..., $2G_5$. Cu cât cifra de după litera G este mai mare, cu atât porii plăcii filtrante sunt mai mici: 100–200 μ; 40–50 μ; 20–25 μ; 5–15 μ, respectiv pentru cifrele 1, 2, 3, 4. Cifrele din fața literei G arată mărimea și forma creuzetelor.

Creuzetele filtrante din porțelan sunt, de asemenea, întrebuințate mai ales pentru filtrarea precipitatelor care se cântăresc ca atare, după o simplă uscare în etuvă sau în vid, fără a mai fi calcinate. Pentru cazurile în care este necesară, totuși calcinarea, acestea se introduc într-o capsulă mică de porțelan, care protejează fundul filtrant al creuzetelor.

Creuzetele filtrante din porțelan sunt notate, de obicei, cu literele A_1, ..., B_1, ...; cele notate cu indicele 1 au placa filtrantă cu porii mai mici decât cele cu indicele 2 ș.a.m.d.

Diametrul porilor acestor creuzete filtrante variază între 6 și 10 microni. Dintre creuzetele filtrante de porțelan, cel mai des utilizate sunt cele notate A_2 și B_2.

Indicații privind pregătirea filtrelor și operația de filtrare

- La filtrare, mărimea filtrelor se alege după cantitatea precipitatului care urmează să fie filtrat și nu după volumul soluției în care se pregătește precipitatul;
- Pâlniile cele mai potrivite pentru filtrări prin hârtie de filtru sunt cele care au unghiul conului de 60°, deschiderea de 7 cm în diametru, coada de cel puțin 10 cm lungime și cu diametrul interior de 3–4 mm.
- Rondela de hârtie se îndoaie de două ori pe diametru, obținându-se un sfert de cerc cu patru foi, după care se desfac trei foi într-o parte și una în cealaltă și se așază în conul pâlniei; dacă unghiul este mai mare de 60°, atunci, după ce rondela de filtru s-a îndoit o dată, pentru a obține un semicerc, la a doua îndoitură a filtrului nu se mai suprapune exact ca să formeze un sfert de cerc, ci ceva mai înăuntru, obținându-se, astfel, de o parte un sector de cerc cu unghiul la centru mai mic de 90°, iar de cealaltă parte un sector de cerc cu unghiul la centru mai mic de 90°. Se desface partea mai mare singură și se potrivește pe pâlnie (când unghiul conului pâlniei este mai mic de 60°, se desface partea filtrului cu unghiul la centru mai mic);
- După potrivirea hârtiei de filtru pe pâlnie, aceasta se umezește cu apă distilată și se presează cu degetele pentru a elimina bulele de aer și pentru a realiza o aderare perfectă a filtrului de pâlnie;
- În timpul filtrării, pâlnia se sprijină pe un stativ; capul tubului de scurgere al acesteia, de obicei tăiat oblic, se lipește de peretele paharului în care se colectează soluția filtrată, asigurându-se în felul acesta o filtrare continuă, mai rapidă, și evitându-se pierderile de soluție prin stropire;
- Marginea hârtiei de filtru va fi mai jos cu circa 1 cm de marginea de sus a pâlniei;
- Atunci când solubilitatea precipitatelor o permite, este recomandabil ca filtrarea să se facă la cald;
- Nu se începe filtrarea decât după ce precipitatul s-a depus la fundul paharului;

- Trecerea soluției supernatante, a precipitatului și a soluțiilor de spălare din pahar pe pâlnie se face prin intermediul unei baghete de sticlă;
- Pentru a împiedica ridicarea precipitatului pe pereții pâlniei, deasupra hârtiei de filtru, umplerea filtrului cu soluția care se filtrează nu se va face până la marginea sa, ci cu circa 0,5 cm mai jos;
- Trecerea cantitativă a precipitatului pe filtru, cu ajutorul soluțiilor de spălare sau cu apă se face după cum urmează: se pune bagheta orizontală pe buza paharului, se prinde cu mâna stângă paharul și bagheta, iar cu dreapta se ține piseta, manevrând vârful stropitorului cu degetul arătător și cel mijlociu astfel încât să se asigure o spălare a pereților paharului de jur împrejur, lăsând lichidul ce antrenează precipitatul să curgă pe filtru de-a lungul baghetei de sticlă;
- În timpul filtrării, pâlnia nu trebuie să se golească complet de soluție, pentru a preîntâmpina golirea tubului de scurgere al acestuia care, ne mai umplându-se apoi cu lichid, încetinește filtrarea;
- În cazul precipitatelor care se pot oxida la aer, în timpul filtrării se acoperă pâlnia, pe cât posibil cu o sticlă de ceas;
- Precipitatul care rămâne prins pe pereții paharului se aduce pe filtru prin intermediul unei bucăți mici de hârtie de filtru cantitativă (atunci când precipitatul urmează să fie calcinat – cazul precipitatelor gelatinoase de hidroxizi de fier și de aluminiu, de exemplu);
- Desprinderea precipitatelor cristaline de pe pereții paharului se face prin intermediul unei baghete de sticlă prevăzută la un capăt cu o bucățică de tub de cauciuc, cu precizarea că aceasta nu se introduce niciodată în soluția în care se face precipitarea, ci se utilizează numai la sfârșitul filtrării, în scopul menționat;
- Când particulele foarte fine ale unor precipitate trec prin porii filtrului, tulburând soluția filtrată, se recomandă refiltrarea prin același filtru, de 2–3 ori, până ce porii filtrului se micșorează corespunzător și soluțiile de filtrare devin clare;
- Regulile de filtrare prezentate mai sus, sunt valabile și în cazul creuzetelor filtrante.

2.2.6. Spălarea precipitatelor

Spălarea precipitatelor se face în scopul îndepărtării lichidului în care s-a făcut precipitarea și care a rămas aderent la precipitat sau în porii filtrului; acest lichid trebuie îndepărtat deoarece conține adesea și o altă substanță care tocmai trebuie să fie separată și poate influența rezultatul analizei.

Lichidul de spălare trebuie să antreneze cu el soluția în care s-a făcut precipitarea, să nu exercite o acțiune solubilizantă asupra precipitatului și nici vreo acțiune chimică care să modifice compoziția lui.

Funcție de natura precipitatului care urmează să fie spălat și de soluția aderentă care trebuie înlocuită, se întrebuințează ca lichid de spălare apa distilată ca atare sau

la care s-a adăugat în prealabil o anumită substanță.

Cantitatea de lichid de spălare întrebuințată și numărul de spălări ale unui precipitat depind de natura acestuia. În general se recomandă să se facă mai multe spălări, cu cât mai puțin lichid de spălare de fiecare dată, cu precizarea că nu se adaugă pe filtru o nouă cantitate de soluție de spălare decât după filtrarea completă a celei precedente (cu excepția precipitatelor care suferă transformări datorită oxidării în contact cu aerul). În general, după a patra spălare se caută în soluția filtrată prinsă într-o eprubetă prezența substanței care trebuie îndepărtată sau înlocuită, alegându-se, în acest scop, o reacție dintre cele mai sensibile pentru ionii substanței ce interesează.

Spălarea precipitatelor se face imediat după filtrare, precipitatele filtrate și lăsate să se usuce nemaiputând fi spălate.

2.2.7. Uscarea și calcinarea precipitatelor

Precipitatele filtrate și spălate sunt uscate și cântărite ca atare sau, după caz, transformate prin calcinare într-o formă mai stabilă, cu compoziția determinată, care poate fi cântărită. Uscarea precipitatelor se poate face în vid sau în etuve electrice la temperaturi cuprinse între 100 și 200 °C. Vidul se poate realiza într-un exsicator, cu ajutorul trompei de apă, timpul de uscare a precipitatelor cristaline sau a unor precipitate amorfe, spălate la urmă cu alcool, pentru îndepărtarea apei, și cu eter – pentru îndepărtarea alcoolului, variind între 10–20 minute (după natura și cantitatea precipitatului).

Uscarea în etuvă se face la o temperatură constantă prescrisă, până la masa constantă, timp de 1–2 ore, funcție de natura chimică și de cantitatea precipitatului.

Creuzetele filtrante în care urmează se se facă filtrarea, trebuie, înainte de a fi cântărite, să fie uscate, până la masă constantă (circa 20–30 minute), la temperatura la care se face și uscarea precipitatului.

În etuvă, creuzetele filtrante se așază pe o sticlă de ceas sau într-un cristalizator.

Precipitatele filtrate prin hârtie de filtru pot fi aduse la masă constantă prin calcinare în cuptor electric, la temperaturi ridicate, sau la flacăra unui bec de gaz. Temperatura și durata calcinării depind de natura precipitatelor, fiind foarte diferite de la un precipitat la altul, motiv pentru care este necesar să se respecte întocmai indicațiile prescrise de metodele de dozare.

Precipitatele filtrate pe hârtie de filtru, care nu se reduc la metale sub acțiunea gazelor de ardere și a cărbunelui din hârtie se introduc în creuzete tarate în prealabil, după ce, cu ajutorul unei pensete, s-au desprins marginile filtrului de pâlnie și s-au împins către mijlocul acesteia, astfel încât să se acopere precipitatul. Filtrul de precipitat se usucă mai întâi cu încetul la o temperatură nu prea mare și, pe măsură ce uscarea progresează, se mărește din în ce mai mult temperatura. Pentru a asigura o ardere mai ușoară a cărbunelui din hârtia de filtru, se așază creuzetul înclinat pe triunghiul de sârmă îmbrăcat cu porțelan (favorizând în acest fel circulația unui

curent de aer prin interiorul creuzetului) și din când în când se rotește. La început flacăra becului trebuie să atingă fundul creuzetului doar cu vârful ei oxidant, pentru ca apoi flacăra oxidantă să învăluie și pereții creuzetului. După ce filtrul a ars complet, transformându-se în cenușă, creuzetul se acoperă cu un capac încălzit în prealabil și se continuă calcinarea. La sfârșitul procesului de calcinare, se îndepărtează flacăra becului de gaz, se lasă creuzetul pe triunghiul de porțelan pentru ca să se răcească puțin și apoi se introduce (tot acoperit) într-un exsicator, unde se răcește în continuare (20–30 minute), după care se poate cântări.

Calcinarea se repetă până se constată că masa creuzetului cu precipitat variază cu mai puțin de 0,4 mg de la o cântărire la alta.

Calcinarea precipitatelor care se reduc ușor (AgCl, $PbSO_4$, $Fe(OH)_3$ etc.) se face după uscare în etuvă și arderea filtrului separat, după ce a fost desprinsă în prealabil de pe aceasta cea mai mare parte din precipitat. În acest scop, pâlnia cu filtrul ce conține precipitatul, acoperită cu o hârtie de filtru calitativă umezită (care protejează precipitatul împotriva corpurilor străine care pot să cadă în el) se usucă în etuvă la temperaturi cuprinse între 70° și 80°, după care se răstoarnă pe o hârtie lucioasă (de culoare neagră sau albastru închis – pentru precipitatele albe și de culoare albă sau galbenă – pentru precipitatele colorate); se ridică pâlnia și, prin presarea ușoară a filtrului rămas pe hârtia lucioasă cu vârful conului în sus, se desprinde precipitatul care, după îndepărtarea filtrului, se acoperă cu o sticlă de ceas. Hârtia de filtru, cu urmele de precipitat rămase pe ea, se desface în semicerc și se rulează cu urmele de precipitat la mijlocul ei, după care, ținând-o cu ajutorul unui clește de laborator sau cu o pensetă de nichel de partea care nu conține urme de precipitat, se arde deasupra unui creuzet tarat, scuturând cenușa în acesta. Metalul rezultat prin reducerea cu cărbunele hârtiei se dizolvă cu câteva picături de acid azotic concentrat (1:1), câteva picături de HCl concentrat (în cazul AgCl, de exemplu) sau cu câteva picături de H_2SO_4 (în cazul $PbSO_4$), pentru a se reface precipitatul care se va cântări. După evaporarea excesului de acid și uscarea creuzetului la o flacără mică, acesta se răcește, după care se introduce în el (deasupra unei hârtii lucioase de aceeași culoare cu cea pe care s-a aflat) tot precipitatul și se calcinează la temperatura indicată de metoda de dozare, până la masa constantă.

2.2.8. Culoarea precipitatelor și semnificația acesteia

Culoarea precipitatelor poate să constituie o sursă importantă de informații asupra prezenței sau absenței diverșilor ioni dintr-o analiză.

Un mare număr de combinații greu solubile sunt *albe*, dar există și numeroase asemenea combinații colorate.

Compușii de *culoarea neagră* indică prezența de: Ag_2S, CuS, HgS, PbS, CoS, NiS, FeS, Fe_2S_3 sau $Ni(OH)_3$.

Dintre combinațiile insolubile colorate sunt de menționat:

- *precipitate galbene:* $BaCrO_4$, $SrCrO_4$, $CaCrO_4$, $PbCrO_4$, $HgCrO_4$, Ag_3PO_4, Ag_3AsO_3, CdS, As_2S_3, SnS_2, Bi_2S_3, BiI_3, HgO, Hg_2CO_3;
- *precipitate brune:* $Fe(OH)_3$, SnS, Bi_2S_3, BiI_3, Ag_2O, CuBr, $Mn(CN)_2$;
- *precipitate roșii:* (HgI_2, Ag_2CrO_4, $Co(OH)_2$, HgO;
- *precipitate roșu-portocalii:* Hg_2CrO_4, Sb_2S_3;
- *precipitate roșu-brun:* $Ag_2Cr_2O_7$, $Co(CN)_2$;
- *precipitate castanii:* Ag_3AsO_4;
- *precipitate gri-verzui:* $Cr(OH)_3$, $Co(OH)_3$, $CrPO_4$;
- *precipitate verzi:* $Ni(OH)_2$, $Ni(CN)_2$, $NiCO_3$;
- *precipitate albastre:* unii compuși de cupru;
- *precipitate galben-brun:* $Fe(CN)_2$; *violet:* $CoCO_3$; *verde-gălbui:* Hg_2I_2;
- *roz:* MnS; *alb-verzui:* $Fe(OH)_2$; *alb-gălbui:* AgBr etc.

2.2.9. Solubilitatea în apă a unor substanțe greu solubile la temperatură obișnuită

Tabelul 2.5.

Nr. crt.	Precipitatul	Produsul de solubilitate	Solubilitatea moli / l
1	AgCl	$1{,}7 \cdot 10^{-10}$	$1{,}3 \cdot 10^{-5}$
2	AgBr	$3{,}3 \cdot 10^{-13}$	$5{,}8 \cdot 10^{-7}$
3	AgI	$8{,}5 \cdot 10^{-17}$	$9{,}1 \cdot 10^{-9}$
4	AgCN	$7{,}1 \cdot 10^{-16}$	$2{,}7 \cdot 10^{-8}$
5	AgSCN	$1{,}16 \cdot 10^{-12}$	$1{,}1 \cdot 10^{-6}$
6	Ag $Ag(CN)_2$	$4{,}0 \cdot 10^{-12}$	$2{,}0 \cdot 10^{-6}$
7	$Ag_4Fe(CN)_6$	$1{,}5 \cdot 10^{-41}$	$2{,}2 \cdot 10^{-9}$
8	$Ag_3Fe(CN)_6$	$9{,}8 \cdot 10^{-26}$	$2{,}5 \cdot 10^{-7}$
9	$Ag_2Fe(CN)_5NO$	$7{,}8 \cdot 10^{-13}$	$5{,}8 \cdot 10^{-5}$
10	Ag_2CO_3	$8{,}2 \cdot 10^{-12}$	$1{,}3 \cdot 10^{-4}$
11	Ag_2S	$1{,}0 \cdot 10^{-51}$	$6{,}3 \cdot 10^{-18}$
12	Ag_3PO_4	$1{,}3 \cdot 10^{-20}$	$4{,}7 \cdot 10^{-6}$
13	Ag_2CrO_4	$1{,}1 \cdot 10^{-12}$	$6{,}5 \cdot 10^{-5}$
14	$Ag_2C_2O_4$	$1{,}1 \cdot 10^{-11}$	$1{,}4 \cdot 10^{-4}$
15	$AlPO_4$	$5{,}8 \cdot 10^{-19}$	$7{,}6 \cdot 10^{-10}$
16	$Al(OH)_3$	$1{,}9 \cdot 10^{-33}$	$2{,}9 \cdot 10^{-9}$
17	$BaCO_3$	$4{,}9 \cdot 10^{-9}$	$6{,}9 \cdot 10^{-5}$
18	$BaCrO_4$	$2{,}0 \cdot 10^{-10}$	$1{,}4 \cdot 10^{-5}$
19	BaC_2O_4	$1{,}7 \cdot 10^{-7}$	$4{,}1 \cdot 10^{-4}$
20	Bi_2S_3	$7{,}1 \cdot 10^{-61}$	$3{,}6 \cdot 10^{-13}$
21	$BiPO_4$	$1{,}3 \cdot 10^{-23}$	$3{,}6 \cdot 10^{-12}$
22	$CaCO_3$	$4{,}8 \cdot 10^{-9}$	$6{,}9 \cdot 10^{-5}$
23	$Ca_3(PO_4)_2$	$2{,}0 \cdot 10^{-29}$	$7{,}1 \cdot 10^{-7}$

Nr. crt.	Precipitatul	Produsul de solubilitate	Solubilitatea moli / l
24	$CaSO_4$	$6{,}1 \cdot 10^{-5}$	$7{,}8 \cdot 10^{-3}$
25	$CaCrO_4$	$2{,}3 \cdot 10^{-2}$	$1{,}5 \cdot 10^{-1}$
26	CaC_2O_4	$2{,}3 \cdot 10^{-9}$	$4{,}8 \cdot 10^{-5}$
27	$Ca(OH)_2$	$3{,}1 \cdot 10^{-5}$	$2{,}0 \cdot 10^{-2}$
28	CdS	$3{,}6 \cdot 10^{-29}$	$6{,}0 \cdot 10^{-15}$
29	$Cd(OH)_2$	$1{,}2 \cdot 10^{-14}$	$1{,}5 \cdot 10^{-5}$
30	CoS (alfa)	$3{,}1 \cdot 10^{-23}$	$5{,}5 \cdot 10^{-12}$
31	$Co(OH)_2$	$2{,}0 \cdot 10^{-16}$	$3{,}7 \cdot 10^{-6}$
32	CuS	$4{,}0 \cdot 10^{-38}$	$2{,}0 \cdot 10^{-19}$
33	$Cu(OH)_2$	$5{,}6 \cdot 10^{-20}$	$2{,}4 \cdot 10^{-7}$
34	FeS	$3{,}8 \cdot 10^{-20}$	$2{,}0 \cdot 10^{-10}$
35	$Fe(OH)_2$	$4{,}8 \cdot 10^{-16}$	$4{,}9 \cdot 10^{-6}$
36	$Fe(OH)_3$	$3{,}8 \cdot 10^{-38}$	$2{,}0 \cdot 10^{-38}$
37	$FePO_4$	$1{,}3 \cdot 10^{-22}$	$1{,}1 \cdot 10^{-11}$
38	HgS	$3{,}0 \cdot 10^{-53}$	$5{,}5 \cdot 10^{-27}$
39	$HgO(Hg^{2+} + 2OH^-)$	$1{,}4 \cdot 10^{-26}$	$1{,}5 \cdot 10^{-9}$
40	MnS	$7{,}0 \cdot 10^{-16}$	$2{,}6 \cdot 10^{-8}$
41	$Mn(OH)_2$	$7{,}1 \cdot 10^{-15}$	$1{,}9 \cdot 10^{-5}$
42	$MgCO_3$	$1{,}0 \cdot 10^{-5}$	$3{,}3 \cdot 10^{-3}$
43	$MgNH_4PO_4$	$2{,}5 \cdot 10^{-13}$	$6{,}3 \cdot 10^{-5}$
44	MgC_2O_4	$8{,}6 \cdot 10^{-5}$	$9{,}1 \cdot 10^{-3}$
45	$Mg(OH)_2$	$5{,}5 \cdot 10^{-12}$	$1{,}1 \cdot 10^{-4}$
46	NiS (alfa)	$3{,}0 \cdot 10^{-21}$	$5{,}5 \cdot 10^{-11}$
47	$Ni(OH)_2$	$1{,}6 \cdot 10^{-14}$	$1{,}6 \cdot 10^{-5}$
48	$PbCO_3$	$1{,}5 \cdot 10^{-13}$	$3{,}9 \cdot 10^{-7}$
49	PbS	$1{,}1 \cdot 10^{-29}$	$3{,}3 \cdot 10^{-15}$
50	$Pb_3(PO_4)_2$	$1{,}1 \cdot 10^{-33}$	$1{,}0 \cdot 10^{-7}$
51	$PbSO_4$	$2{,}2 \cdot 10^{-8}$	$1{,}5 \cdot 10^{-4}$
52	$PbCrO_4$	$1{,}8 \cdot 10^{-14}$	$1{,}4 \cdot 10^{-7}$
53	$Pb(OH)_2$	$2{,}8 \cdot 10^{-16}$	$4{,}2 \cdot 10^{-6}$
54	Sb_2S_3	$2{,}9 \cdot 10^{-59}$	$7{,}7 \cdot 10^{-13}$
55	$Sb(OH)_3$	$4{,}0 \cdot 10^{-42}$	$2{,}0 \cdot 10^{-11}$
56	SnS	$1{,}0 \cdot 10^{-28}$	$1{,}0 \cdot 10^{-14}$
57	$Sn(OH)_2$	$5{,}0 \cdot 10^{-26}$	$2{,}3 \cdot 10^{-9}$
58	$SrCO_3$	$9{,}4 \cdot 10^{-10}$	$2{,}7 \cdot 10^{-5}$
59	ZnS	$7{,}4 \cdot 10^{-27}$	$8{,}5 \cdot 10^{-14}$
60	$Zn_3(PO_4)_2$	$9{,}1 \cdot 10^{-33}$	$1{,}6 \cdot 10^{-7}$

2.2.10. Indicații asupra unor posibilități de determinare gravimetrică a ionilor

Tabelul 2.6.

Ionul	Reactivul de precipitare	Mediul de precipitare	Temperatura de uscare sau de calcinare [°C]	Forma sub care se cântărește (A)	Forma în care se exprimă (B)	Factorul gravimetric de convertire din A în B	Observații
Ag^+	HCl sau clorură alcalină	Acid (HNO_3)	70–455	AgCl	Ag	0,7526	Precipitarea se face la cald, sub agitare. Precipi-
	HBr sau o bromură alcalină	Acid (HNO_3)	70–422	AgBr	Ag	0,5745	tatul se păstrează la întuneric
	Electroliză	Acid (HNO_3 sau H_2SO_4)	În etuvă la 105°C	Ag	Ag	1,0000	
	Acid ascorbic (vitamina C)	Puternic acid (HNO_3)	Se usucă la 105° și apoi se calcinează la 500°C	Ag	Ag	1,0000	
	KJ	Acid (HNO_3)	70–450	AgJ	Ag	0,4595	Precipitatul se păstrează la întuneric
	H_2S	Acid	500	Ag_2S	Ag	0,8706	
	KSCN		Temperatura camerei	AgSCN	Ag	0,6500	
	$H_2C_2O_4$		105–120	$Ag_2C_2O_4$	Ag	0,7103	

Ionul	Reactivul de precipitare	Mediul de precipitare	Temperatura de uscare sau de calcinare [°C]	Forma sub care se cântărește (A)	Forma în care se exprimă (B)	Factorul gravimetric de convertire din A în B	Observații
	K_2CrO_4		105–120	Ag_2CrO_4	Ag	0,6503	
Al^{3+}	$NH_3 + NH_4Cl$	*p*H 5,5–8,5	1100–1200	Al_2O_3	Al	0,5292	Necesită o temperatură ridicată de calcinare, pentru a se obține o formă a oxidului de aluminiu nehigroscopică
	$Co(NH_2)_2$	*p*H 5,0–6,0	700–1200	Al_2O_3	Al	0,5292	
	C_5H_5N	*p*H 6,0	500–1200	Al_2O_3	Al	0,5292	
	$KJ + KJO_3$	*p*H 7,6	1100–1200	Al_2O_3	Al	0,5292	
	$NaNO_2 + NH_3$	*p*H 4,6–6,0	1100–1200	Al_2O_3	Al	0,5292	
	$Na_2S_2O_3$	*p*H 4,6	1100–1200	Al_2O_3	Al	0,5292	
	C_6H_5NNOOH (cupferona)	*p*H aprox. 4,5	750	Al_2O_3	Al	0,5292	
	$(NH_4)_2HPO_4$	Acetat de amoniu, pH aproximativ 5	1100–1200	$AlPO_4$	Al	0,2212	Precipitarea are loc la cald
	Electroliză pe	Acid (acid	Uscare	Al	Al	1,0000	

Ionul	Reactivul de precipitare	Mediul de precipitare	Temperatura de uscare sau de calcinare [°C]	Forma sub care se cântărește (A)	Forma în care se exprimă (B)	Factorul gravimetric de convertire din A în B	Observații
	catod de mercur	sulfuric)					
As^{3+} AsO_3^{3-}	H_2S	Acid (HCl, 6N)	100–110	As_2S_3	As AsO_3	0,6090 0,9992	În absența oxidanților, alcaliilor sulfurilor alcaline
As^{5+} AsO_4^{3-}	H_2S gazos, sub forma unui curent repede	Acid (HCl, 6N)	100–110	As_2S_5	As AsO_4	0,4831 0,8967	
As^{5+} AsO_4^{3-}	$Mg^{2+} + NH_3 + NH_4Cl$	amoniacul *p*H 8,2–10,2	În vid, la temperatura camerei 900	$MgNH_4AsO_4 \cdot 6H_2O$ $Mg_2As_2O_7$	As AsO_4 As AsO_4	0,2589 0,4808 0,4826 0,8949	
	$AgNO_3$	Tampon acid acetic-acetat de sodiu	500	Ag_3AsO_4	As AsO_4	0,1620 0,3004	Se poate face uscare la 170–180°C
	$CaCl_2$	-	900	$Ca_2As_2O_7$	As	0,4383	
	$Bi(NO_3)_3$	Neutru	400–900	$BiAsO_4$	As AsO_4	0,2153 0,3993	
	$Pb(CH_3COO)_2$	Neutru	900	$Pb_2As_2O_7$	As AsO_4	0,2217 0,4111	

Ionul	Reactivul de precipitare	Mediul de precipitare	Temperatura de uscare sau de calcinare [°C]	Forma sub care se cântărește (A)	Forma în care se exprimă (B)	Factorul gravimetric de convertire din A în B	Observații
Au^{3+}	$FeSO_4$	Acid (HCl la cald)	600–900	Au	Au	1,0000	Reducere
	$H_2C_2O_4$ sau $(NH_4)_2C_2O_4$	Slab acid (acid sulfuric)	600–900	Au	Au	1,0000	Reducere
	H_2O_2	Alcalin	600–900	Au	Au	1,0000	Reducere
	$C_6H_8O_6$ (acid ascorbic)	Acid (HCl)	600–900	Au	Au	1,0000	Reducere
	$C_6H_6O_2$ (hidrochinonă)	Acid (HCl)	600–900	Au	Au	1,0000	Reducere (soluția nu trebuie să conțină HNO_3)
	Sn, Zn sau Mg	Acid	600–900	Au	Au	1,0000	Reducere
	Electroliză	Cianură alcalină	Se usucă electrodul în etuvă la 105°C	Au	Au	1,0000	Reducere (soluția se neutralizează cu Na_2CO_3)
Ba^{2+}	H_2SO_4 diluat sau cu $(CH_3)_2SO_4$ $(C_2H_5)_2SO_4$	Acid (HCl)	Temperatura camerei 250 și 800–1000	$BaSO_4$	Ba	0,5885	
	$(NH_4)_2CrO_4$	Neutru sau amoniacal	Temperatura camerei 110	$BaCrO_4$	Ba	0,5421	Precipitatul poate să fie și K_2CrO_4 în mediu amoniacal

Ionul	Reactivul de precipitare	Mediul de precipitare	Temperatura de uscare sau de calcinare [°C]	Forma sub care se cântărește (A)	Forma în care se exprimă (B)	Factorul gravimetric de convertire din A în B	Observații
	$(NH_4)_2CO_3$	Neutru sau amoniacal	500–600	$BaCO_3$	Ba	0,6960	
	$(NH_4)_2C_2O_4$	neutru	Temperatura camerei 76, 110–346, 476	$BaC_2O_4 \cdot H_2O$ BaC_2O_4 $BaCO_3$	Ba Ba Ba	0,5644 0,6095 0,6960	
Be^{2+}	Soluții de amiac, amoniac + tanin, săruri (azotat de amoniu, cianat de potasiu, benzoat de amoniu, hexametilentetramină, carbonat de guanidină, amestec de iodură de potasiu-iodat de potasiu)	Slab alcalin ($pH = 8,5$)	1100–1200	BeO	Be	0,3603	
	$(NH_4)_2HPO_4 + NH_3$		Neutru	peste 700	$Be_2P_2O_7$ BeO	Be 0,2606	0,0939
Bi^{3+}	Electroliză	Acid (HNO_3)	Uscat la temperatura camerei	Bi	Bi	1,0000	

Ionul	Reactivul de precipitare	Mediul de precipitare	Temperatura de uscare sau de calcinare [°C]	Forma sub care se cântărește (A)	Forma în care se exprimă (B)	Factorul gravimetric de convertire din A în B	Observații
	HCHO (aldehidă formică)	Alcalin (NaOH)	105	Bi	Bi	1,0000	
	$(NH_4)_2CO_3$	Amoniacal	900	Bi_2O_3	Bi	0,8970	
	NH_4Cl sau HCl	Slab acid(HNO_3)	100	BiOCl	Bi	0,8970	
	$NaBrO_3$ + NaOBr	Slab acid(HNO_3)	105	BiOBr	Bi	0,6854	
	KJ	Slab acid(HNO_3)	105	BiOJ	Bi	0,5939	
	$(NH_4)_2HPO_4$	Slab acid	400–900	$BiPO_4$	Bi	0,6876	
	H_2S	Acid (HCl)	100	Bi_2S_3	Bi	0,8129	
	$K_2Cr_2O_7$	–	120	$Bi_2(Cr_2O_7)_3$	Bi	0,3921	
	$K_3[Cr(SCN)_6]$	–	În vid, la temperatura camerei	$Bi[Cr(SCN)_6]$	Bi	0,3429	
	$C_{12}H_8N_2$ + KSCN (*o*-fenantrolină)	Slab acid (HCl)	Idem	$Bi(C_{12}H_8N_2)_2(SCN)_3$	Bi	0,2813	Se spală în final cu alcool și eter
	$C_6H_3(OH)_3$ (pirogalol)		110	$Bi(C_6H_3O_3)_3$	Bi	0,3495	
	C_9H_6OHN (oxină)		110	$Bi(C_9H_6ON)_3 \cdot H_2O$	Bi	0,3160	
Br^-	$AgNO_3$	Acid (HNO_3)	130	AgBr	Br HBr	0,4256 0,4309	Precipitare la cald

Ionul	Reactivul de precipitare	Mediul de precipitare	Temperatura de uscare sau de calcinare [°C]	Forma sub care se cântărește (A)	Forma în care se exprimă (B)	Factorul gravimetric de convertire din A în B	Observații
BrO_3^-	$AgNO_3$	Slab acid HNO_3	130	AgBr	BrO_3^- $HBrO_3$	0,6812 0,6865	
Ca^{2+}	$(NH_4)_2C_2O_4$ sau	Acid sau amoniacal	70–130 210–320	$CaC_2O_4 \cdot H_2O$ CaC_2O_4	Ca Ca	0,2743 0,3129	Pentru a evita coprecipitarea
	$K_2C_2O_4$		398–600	$CaCO_3$	Ca	0,4004	altor ioni se face precipitarea în mediu acid (*p*H=4) și apoi se adaugă amoniac
	H_2SO_4 sau amestec de NH_4Cl și $(NH_4)_2SO_4$	Acid	900–1200 800–900	CaO $CaSO_4$	Ca Ca CaO	0,7147 0,2944 0,4119	Se pot transforma în sulfat atât oxalatul cât și oxidul de calciu
	HF	Acid	800–900	CaF_2	Ca CaO	0,5133 0,7182	
	$(NH_4)_2MoO_4$	Slab acid, neutru sau amoniacal	800–900	$CaMoO_4$	Ca	0,2004	Pentru depunerea precipitatului se încălzește soluția sau se adaugă akcool etilic

Ionul	Reactivul de precipitare	Mediul de precipitare	Temperatura de uscare sau de calcinare [°C]	Forma sub care se cântărește (A)	Forma în care se exprimă (B)	Factorul gravimetric de convertire din A în B	Observații
	C_9H_8OHN (8–hidroxichinolina sau oxina)		105	$CaC_4H_4O_6 \cdot H_2O$	Ca	0,1944	
			105	$Ca(C_9H_6ON)_2$	Ca	0,1221	
Cd^{2+}	H_2SO_4	Acid	500–800	$CdSO_4$	Cd	0,5392	Evaporări repetate cu acid sulfuric
	H_2S	Slab acid	130	CdS	Cd	0,7781	Pentru a se realiza o separare de cupru se face precipitarea în mediu de KCN
			500–800	$CdSO_4$	Cd	0,5392	
	$(NH_4)_2HPO_4$	Slab acid sau amoniacal (*p*H optim 7–9,5)	130	$CdNH_4PO_4 \cdot H_2O$	Cd	0,4618	Când se usucă la temperatura camerei în exsicator de vid, se spală în final cu alcool și eter absolut
				$Cd_2P_2O_7$	Cd	0,5638	
	Electroliză	Acid (H_2SO_4) sau KCN	uscat	Cd	Cd	1,0000	Electrod de platină acoperit cu un strat de Cu pentru a nu se forma aliaj

Ionul	Reactivul de precipitare	Mediul de precipitare	Temperatura de uscare sau de calcinare [°C]	Forma sub care se cântărește (A)	Forma în care se exprimă (B)	Factorul gravimetric de convertire din A în B	Observații
	$C_5H_5N + NH_4Cl$		În vid, la temperatura camerei	$Cd(C_5H_5N)_2Cl_2$	Cd	0,3284	
	C_9H_6NOH (8-hidroxichinolina)	pH peste 5,4	130	$Cd(C_9H_6ON)_2 \cdot 2H_2O$	Cd	0,2570	
Cl^-	$AgNO_3$	Acid (HNO_3)	70-450	AgCl	Cl	0,2474	Precipitare la cald
	$Hg_2(NO_3)_2$	Acid (HNO_3)	130	Hg_2Cl_2	Cl HCl	0,1504 0,1546	
ClO_2^-	$Pb(NO_3)_2$	Slab acid (HNO_3)	77	$Pb(ClO_2)_2$	ClO $HClO_2$	0,3943 0,4006	
ClO_4^-	KCl	Acid (HCl)	110	$KClO_4$	ClO_4^-	0,7178	
Co^{2+}	Electroliză	NH_3+$(NH_4)_2SO_4$ + reducător ($NH_2NH_2 \cdot H_2SO_4$)		Se usucă la temperatura camerei	Co	1,0000	Co
	$H_2S + NH_3$ sau $(NH_4)_2S$	Amoniacal	100 (în curent de H_2)	Co	Co	1,0000	
	$NaOH + K_2S_2O_8$ sau H_2O_2	Alcalin	1000 (în curent de H_2)	Co	Co	1,0000	
	$(NH_4)_2HPO_4$	Neutru	În vid, la tempe-	$CoNH_4PO_4 \cdot$	Co	0,3103	

Ionul	Reactivul de precipitare	Mediul de precipitare	Temperatura de uscare sau de calcinare [°C]	Forma sub care se cântărește (A)	Forma în care se exprimă (B)	Factorul gravimetric de convertire din A în B	Observații
			ratura camerei	$\cdot H_2O$			
	KNO_3	Slab acid (acid acetic)	Se usucă la temperatura camerei	Co	Co	1,0000	
	$C_{10}H_6NOOH$ (α-nitrozo-β-naftol)	Acid (acid acetic sau HCl)	130	$Co(C_{10}H_6O_2N)_3$	Co	0,1024	
CO_3^{2-}	HCl sau H_2SO_4	Acid		CO_2	CO_3^{2-}	1,3635	
	BaCl sau $Ba(NO_3)_2$	Neutru	400–600	$BaCO_3$	CO_3^{2-}	0,3040	
CN^-	$AgNO_3$	Slab alcalin (NH_4OH)	100–250	AgCN	CN^-	0,1943	Precipitarea se face la rece
CNS^-	$AgNO_3$	Slab acid (HNO_3)	sub 140 170–230 850	AgSCN AgCN + AgSCN Ag	SCN^-	0,3500	
Cr^{3+}	NH_3	*p*H 6–8	800–950	Cr_2O_3	Cr	0,6843	
	NH_4NO_2	*p*H 4,6–6	800–950	Cr_2O_3	Cr	0,6843	
	$KJ + KJO_3$	*p*H 7,6	800–950	Cr_2O_3	Cr	0,6843	
	$CO(NH_2)_2$ (uree)	*p*H 5,5	800–950	Cr_2O_3	Cr	0,6843	
	C_9H_6NOH (oxina)	Slab acid	105–110 500–600	$Cr(C_9H_6ON)_2$ Cr_2O_3	Cr Cr	0,1073 0,6843	

Ionul	Reactivul de precipitare	Mediul de precipitare	Temperatura de uscare sau de calcinare [°C]	Forma sub care se cântărește (A)	Forma în care se exprimă (B)	Factorul gravimetric de convertire din A în B	Observații
CrO_4^{2-}	$BaCl_2$	Slab acid (acid acetic)	130	$BaCrO_4$	Cr	0,2053	
$Cr_2O_7^{2-}$	$AgNO_3$	Neutru	130	Ag_2CrO_4	Cr CrO_4^{2-}	0,1568 0,3497	
	$Pb(CH_3COO)_2$	Slab acid (acid acetic)	130	$PbCrO_4$	Cr CrO_4^{2-}	0,1609 0,3589	
Cu^{2+}	Electroliză	Acid (acid sulfuric sau azotic), ori în mediu de KCN	În flacără sau în etuvă la 105°C	Cu	Cu	1,0000	Electroliza în mediu acid conduce la rezultate foarte bune
Cu^{2+}	KSCN + Na_2SO_3 (sau soluție în apă de SO_2)	Acid	Temperatura camerei până la 200°C peste 900°C	CuSCN	Cu CuO Cu	0,5224 0,6540 0,7988	Pentru reducere se mai poate utiliza și sulfatul feros
	H_2S	Acid	400–600	Cu_2S	Cu	0,7985	Pentru menținerea sulfurii cuproase se face calcinarea în curent de H_2
	$Na_2S_2O_3$	Acid	700–900	CuO	Cu	0,7988	
	NaOH sau KOH	Soluția inițială	700–900	CuO	Cu	0,7988	În lipsa sărurilor de

Ionul	Reactivul de precipitare	Mediul de precipitare	Temperatura de uscare sau de calcinare [°C]	Forma sub care se cântărește (A)	Forma în care se exprimă (B)	Factorul gravimetric de convertire din A în B	Observații
		are $pH = 5$	peste 900	Cu_2O	Cu	0,8879	amoniu
	$KJ + Na_2SO_3$ (sau soluție de SO_2)	acid	Temperatura camerei până la 280°C	CuJ CuO	Cu Cu	0,3336 0,7988	
	C_9H_6OHN (oxina)	pH 2,7–9	60–270 peste 834	$Cu(C_9H_6ON)_2$ CuO	Cu Cu	0,1806 0,7988	Se usucă la 130°C sau se calcinează la 900°C, când trece în oxid
	C_6H_5NNOOH (cupferona)		70	$Cu(C_6H_5N_2O_2)_2$	Cu	0,1881	
Ge^{4+}	Tanin	Acid	700–900	GeO_2	Ge	0,6941	
	C_9H_6NOH + + $(NH_4)_2MoO_4$ + + HCl (oxina)	Acid	110	$(C_9H_6ON)_4 \cdot (GeMo_{12}O_{40})$	Ge	0,0311	
Hg_2^{2+} soluției	$K_2Cr_2O_7$	Neutru	100–200	Hg_2CrO_4	Hg	0,7757	Neutralizarea se face cu carbonat de sodiu
	$(NH_4)_2C_2O_4$	Neutru	105	$Hg_2C_2O_4$	Hg	0,8201	
K^+	HCl	Acid	220–600	KCl	K	0,5244	Prin evaporare cu

Ionul	Reactivul de precipitare	Mediul de precipitare	Temperatura de uscare sau de calcinare [°C]	Forma sub care se cântărește (A)	Forma în care se exprimă (B)	Factorul gravimetric de convertire din A în B	Observații
					K_2O	0,6317	acid clorhidric
	H_2SO_4	Acid	400–900	K_2SO_4	K	0,4488	Prin evaporare cu
					K_2O	0,5405	acid sulfuric
	$H_2(PtCl_6)$	Slab acid	100–220	$K_2(PtCl_6)$	K	0,1608	Hexacloroplatinatul
					K_2O	0,1931	de potasiu poate fi redus la platină metalică. Din cantitatea de platină se calculează cantitatea de K
Li^+	HCl	Acid	175–606	LiCl	Li	0,1637	Prin tratarea sărurilor de litiu cu HCl
					Li_2O	0,3521	
	H_2SO_4	Acid	160–900	Li_2SO_4	Li	0,1262	și evaporare
					Li_2O	0,2718	
	Na_2HPO_4	Amoniacal	450–900	Li_3PO_4	Li	0,1797	
					Li_2O	0,3869	
	Na-Aluminat	Alcalin	470–900	$2Li_2O{\cdot}5Al_2O_3$	Li	0,4873	
Mg^{2+}	$(NH_4)_2HPO_4$, Na_2HPO_4	NH_4Cl	În vid, la temperatura camerei	$MgNH_4PO_4{\cdot}6H_2O$	Mg	0,0991	Pentru a se evita formarea hidroxidu-

Ionul	Reactivul de precipitare	Mediul de precipitare	Temperatura de uscare sau de calcinare [°C]	Forma sub care se cântărește (A)	Forma în care se exprimă (B)	Factorul gravimetric de convertire din A în B	Observații
	$Na(NH_4)_2PO_4$		600–1000	$Mg_2P_2O_7$	Mg MgO	0,2185 0,3623	lui de magneziu, se precipită în mediu acid și apoi se adaugă amoniac
Mg^{2+}	C_9H_6OHN (oxina)	Amoniacal *p*H 9,5–12,7	105	$Mg(C_9H_6ON)_2 \cdot 2H_2O$	Mg	0,0675	În mod obișnuit se face uscare între 200–300°C și se cântărește oxinatul de magneziu anhidru
			180–300	$Mg(C_9H_6ON)_2$	Mg	0,0778	
			peste 820	MgO	Mg	0,6032	
	$H_2C_2O_4$	Amoniacal	200	MgC_2O_4	Mg	0,2143	
Mn^{2+}	$H_2S + NH_3$	pH peste 7	450–550	MnS	Mn	0,6315	
	$(NH_4)_2S_2O_8$ H_2O_2 sau Br_2	amoniacal	1000–1100 (în aer)	Mn_3O_4	Mn	0,7203	
	$(NH_4)_2HPO_4$	Amoniacal	105–110	$MnNH_4PO_4 \cdot H_2O$	Mn	0,2954	
	$(NH_4)_2C_2O_4$	Slab acid	105–120	MnC_2O_4	Mn	0,3843	
MoO_4^{2-}	H_2S	Acid (H_2SO_4)	500–550	MoO_3	MoO_4^{2-} Mo	1,1111 0,6666	
	$Hg_2(NO_3)_2$	Neutru	800	MoO_3	MoO_4^{2-} Mo	1,1111 0,6666	

Ionul	Reactivul de precipitare	Mediul de precipitare	Temperatura de uscare sau de calcinare [°C]	Forma sub care se cântărește (A)	Forma în care se exprimă (B)	Factorul gravimetric de convertire din A în B	Observații
	$AgNO_3$	Acid (HNO_3)	90–250	Ag_2MoO_4	MoO_4^{2-}	0,4256	
					Mo	0,2554	
	$Pb(CH_3COO)_2$	Acid acetic + acetat de amoniu	600	$PbMoO_4$	MoO_4^{2-}	0,4358	
					Mo	0,2613	
	$BaCl_2$	Neutru	110–250	$BaMoO_4$	MoO_4^{2-}	0,5380	
					Mo	0,3237	
Na^+	HCl	Acid	400–800	NaCl	Na	0,3934	Prin evaporare cu acid clorhidric
					Na_2O	0,5302	
	H_2SO_4	Acid	650–800	Na_2SO_4	Na	0,3237	Prin evaporare cu H_2SO_4
					Na_2O	0,4364	
NH_4^+	H_2PtCl_6	Slab acid	25–100	$(NH_4)_2PtCl_6$	NH_4^+	0,0813	
					NH_3	0,0767	
Ni^+	Electroliză	Amoniacal	Se usucă la temperatura camerei	Ni	Ni	1,0000	
	$H_2S + NH_3$ sau $(NH_4)_2S$	Amoniacal	900 (în curent de hidrogen)	NiS	Ni	0,6471	
			500 (în aer)	$NiSO_4$	Ni	0,3793	
	$C_4H_6(NOH)_2$	*p*H 4,5–10	110–130	$Ni(C_4H_7O_2N_2)_2$	Ni	0,2032	

Ionul	Reactivul de precipitare	Mediul de precipitare	Temperatura de uscare sau de calcinare [°C]	Forma sub care se cântărește (A)	Forma în care se exprimă (B)	Factorul gravimetric de convertire din A în B	Observații
	(dimetilglioxima)	Amoniacal	900	NiO	Ni	0,7858	
	C_9H_6NOH (oxina)	Slab acid (acid acetic)	200	$Ni(C_9H_6ON)_2$	Ni	0,1692	
Pb^{2+}	H_2SO_4 sau $(NH_4)_2SO_4$ + alcool etilic	Acid (HNO_3)	130–800	$PbSO_4$	Pb	0,6832	Se poate face atât uscare la 120°C, cât și calcinare la 600°
	K_2CrO_4	Acid (acid acetic)	100–900	$PbCrO_4$	Pb	0,6411	Precipitarea se poate face și cu bicromat de potasiu în prezență de acetat de sodiu
	$NaHSO_3$	Neutru	150	$PbSO_3$	Pb	0,7213	
	HCl + alcool etilic	Acid	La temperatura camerei	$PbCl_2$	Pb	0,7450	
	H_2S	Acid	200–600	PbS	Pb	0,8660	
	Electroliză	Acid (acid azotic)	Uscat la temperatura camerei	PbO_2	Pb	0,8662	Pentru a evita depunerea plumbului la catod se adaugă azotat de cupru (II)

Ionul	Reactivul de precipitare	Mediul de precipitare	Temperatura de uscare sau de calcinare [°C]	Forma sub care se cântărește (A)	Forma în care se exprimă (B)	Factorul gravimetric de convertire din A în B	Observații
	$H_2C_2O_4$	Acid	100–150	PbC_2O_4	Pb	0,7019	
	C_9H_6NOH (oxina)		În vid, la temperatura camerei	$Pb(C_9H_6ON)_2$	Pb	0,4182	
PO_4^{3-}	$Bi(NO_3)_3$	Neutru	400–900	$BiPO_4$	H_3PO_4 PO_4^{3-}	0,3125 0,3224	
	$(NH_4)_2MoO_4$	Acid (HNO_3)	180–410	$(NH_4)_3(PMo_3O_{10})_4$	PO_4^{3}	0,0506	Precipitarea se face la cald
	$Mg^{2+}+NH_3+NH_4Cl$ (amestec magnezian)	Amoniacal	În vid, la temperatura camerei	$MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$	PO_4^{3-}	0,3871	Precipitarea se face la cald
			560–850	$Mg_2P_2O_7$	PO_4^{3-}	0,8534	
Pt^{4+}	NH_4Cl până la saturare + alcool	Slab acid (HCl)	800	Pt	Pt	1,0000	Soluție concentrată
	H_2S	Acid (HCl 0,2–0,6 N)	800	Pt	Pt	1,0000	
	Zn praf	Acid (HCl)	800	Pt	Pt	1,0000	
	$SnCl_2$	HCl	800	Pt	Pt	1,0000	
S^{2-}	$CuSO_4$	Acid	800–940	CuO	S^{2-}	0,4031	
	Oxidare cu: Br_2, HNO_3, $NaNO_3$ +	Acid	800–950	$BaSO_4$	S^{2-} H_2S	0,1373 0,1460	Precipitarea se face la cald

Ionul	Reactivul de precipitare	Mediul de precipitare	Temperatura de uscare sau de calcinare [°C]	Forma sub care se cântărește (A)	Forma în care se exprimă (B)	Factorul gravimetric de convertire din A în B	Observații
	+ Na_2CO_3 sau $Na_2O_2 + Na_2CO_3$ se obține Na_2SO_4 se precipită cu $BaCl_2$						
SO_4^{2-}	$BaCl_2$	Acid	800–950	$BaSO_4$	SO_4^{2-}	0,4115	Precipitare la cald
Sb^{3+}	H_2S	Acid (HCl 0,5N)	270–300	Sb_2S_3	Sb	0,7168	
și			În curent de CO_2		SbO_3^{3-}	0,5000	
SbO_3^{3-}	H_2S	Acid (HCl 2,5N)	100–110	Sb_2S_3	Sb	0,7168	Precipitare la cald (90° C)
					SbO_3^{3-}	0,5000	
	H_2S	Acid (HCl 1,2N)	650–900	Sb_2O_4	Sb	0,7919	
					SbO_3^{3-}	1,1040	
	Fe	Acid (HCl 0,4N)	110	Sb	Sb	1,0000	
Sb^{5+}	H_2S	Acid	120	Sb_2S_5	Sb	0,6030	
și					SbO_4^{3-}	0,9207	
SbO_4^{3-}							
Sn	HNO_3 sau $HClO_4$	Puternic acid (pH = 0,5)	900–1000	SnO_2	Sn	0,7877	Ionii Cl^- și SO_4^{2-} conduc la formarea de complecși solubili

Ionul	Reactivul de precipitare	Mediul de precipitare	Temperatura de uscare sau de calcinare [°C]	Forma sub care se cântărește (A)	Forma în care se exprimă (B)	Factorul gravimetric de convertire din A în B	Observații
Sn^{2+}	H_2S	Acid (HCl)	900–1000	SnO_2	Sn	0,7877	
	electroliză	$H_2C_2O_4$ + + $(NH_4)_2C_2O_4$	Uscat la temperatura camerei	Sn	Sn	1,0000	
Sn^{4+}	C_6H_5NHOOH (cupferona)	Acid	900–1000	SnO_2	Sn	0,7877	
Sr^{2+}	$(NH_4)_2C_2O_4$	Neutru	Temperatura camerei – 80	$SrC_2O_4 \cdot H_2O$	Sr	0,4525	Solubilitatea precipitatului scade prin adăugare de amoniac sau alcool
	$(NH_4)_2CO_3$	Amoniacal	500–800	$SrCO_3$	Sr	0,5935	
	HF	Acid	700–800	SrF_2	Sr	0,6975	
	K_2CrO_4	Neutru	105	$SrCrO_4$	Sr	0,4303	
Si	HNO_3	Acid	1000	SiO_2	Si	0,4675	Se oxidează cu acid azotic
Silicați	HCl, H_2SO_4 sau $HClO_4$	Acid	1000	SiO_2	Si	0,4675	
VO_3^{3-} sau	$Hg_2(NO_3)_2$	Neutru	700–950	V_2O_5	V VO_3^{3-}	0,5601 1,0880	

Ionul	Reactivul de precipitare	Mediul de precipitare	Temperatura de uscare sau de calcinare [°C]	Forma sub care se cântărește (A)	Forma în care se exprimă (B)	Factorul gravimetric de convertire din A în B	Observații
VO_4^{3-}	$AgNO_3$	CH_3COOH	60–500	$AgVO_3$	V	0,2463	
					VO_3^{3-}	0,4780	
	$AgNO_3$	NH_3 + $+ CH_3COONH_4$	100–150	Ag_3VO_4	V	0,1162	
					VO_3^{3-}	0,2253	
	$BaCl_2$		120	$Ba(VO_3)_2$	V	0,3039	
					VO_3^{3-}	0,5102	
Zn^{2+}	H_2S la cald	Acid (pH 2–3)	450–550 (în curent de hidrogen)	ZnS	Zn	0,6710	Se poate dizolva sulfura în acid clorhidric și apoi, prin evaporare cu acid sulfuric și calcinare la 400–600° se cântărește sulfatul de zinc
			400–600 (în aer)	$ZnSO_4$	Zn	0,4050	
			950–1000 (în aer)	ZnO	Zn	0,8034	
	$(NH_4)_2HPO_4$	pH 6–7	130	$ZnNH_4PO_4$	Zn	0,3665	
			900	$Zn_2P_2O_7$	Zn	0,4291	
	Electroliză	Acid, alcalin, de cianură alcalină, de citrat	Uscare în etuvă	Zn	Zn	1,0000	

Ionul	Reactivul de precipitare	Mediul de precipitare	Temperatura de uscare sau de calcinare [°C]	Forma sub care se cântărește (A)	Forma în care se exprimă (B)	Factorul gravimetric de convertire din A în B	Observații
	$K_2(Hg(SCN)_4)$	Acid (HNO_3)	Temperatura camerei – 270	$Zn(Hg(SCN)_4)$	Zn	0,1312	De obicei se face uscarea la 110°C
			260–650	ZnO	Zn	0,8034	
Zn^{2+}	C_9H_6NOH (oxina)	Tampon acetat sau tartrat, *p*H peste 4,4	180–250	$Zn(C_9H_6ON)_2$	Zn	0,1849	Oxina este dizolvată în alcool etilic sau acid acetic
			800–900	ZnO	Zn	0,8034	
Zr^{4+}	NH_3	*p*H 6–7	1000–1200	ZrO_2	Zr	0,7403	
	NH_3 + tanin	*p*H 6–7	1100–1200	ZrO_2	Zr	0,7403	
	$(NH_4)_2HPO_4$	Puternic acid	500–1000	ZrP_2O_7	Zr	0,3440	
	H_2SeO_3	Puternic acid	105	$Zr(SeO_3)_2$	Zr	0,2643	
			1000–1200	ZrO_2	Zr	0,7403	
	$NH_4H_2AsO_4$	Puternic acid	1000–1200	ZrO_2	Zr	0,7403	

2.2.11. Factori de conversie gravimetrică pentru elementele chimice uzuale

Tabelul 2.7

Elementul	Existent	Căutat	Factorul
Aluminiu	Al	Al_2O_3	1,88988
	Al_2O_3	Al	0,52913
Antimoniu	Sb	Sb_2O_3	1,19711
	Sb	Sb_2O_5	1,32852
	Sb_2O_3	Sb	0,83535
	Sb_2O_5	Sb	0,75272
Argint	Ag	Ag_2O	1,07416
	Ag_2O	Ag	0,93096
Arseniu	As	As_2O_3	1,32038
	As	As_2O_5	1,53400
	As_2O_3	As	0,75736
	As_2O_5	As	0,65190
Aur	Au	Au_2O	1,04057
	Au	Au_2O_3	1,12170
	Au_2O	Au	0,96101
	Au_2O	Au_2O_3	1,07797
	Au_2O_3	Au	0,89150
	Au_2O_3	Au_2O	0,92767
Bariu	Ba	BaO	1,11648
	BaO	Ba	0,89567
Beriliu	Be	BeO	2,77384
	BeO	Be	0,36051
Bismut	Bi	Bi_2O_3	1,11483
	Bi_2O_3	Bi	0,89700
Bor	B	B_2O_3	3,21811
	B_2O_3	B	0,31074
Cadmiu	Cd	CdO	1,14234
	CdO	Cd	0,87540
Calciu	Ca	CaO	1,39920
	Ca	$CaCO_3$	2,49726
	CaO	Ca	0,71469
	CaO	$CaCO_3$	1,78477
	$CaCO_3$	Ca	0,40044
	$CaCO_3$	CaO	0,56030
Carbon	C	CO_2	3,66445
	C	$CaCO_3$	8,33388
	CO_2	C	0,27289
	$CaCO_3$	C	0,11999
	$CaCO_3$	CO_2	0,43970

Elementul	Existent	Căutat	Factorul
Clor	Cl	HCl	1,02843
	HCl	Cl	0,97236
Crom	Cr	Cr_2O_3	1,46145
	Cr_2O_3	Cr	0,68425
Cobalt	Co	CoO	1,27146
	Co	Co_3O_4	1,36195
	CoO	Co	0,78650
	CoO	Co_3O_4	1,07117
	Co_3O_4	Co	0,73424
	Co_3O_4	CoO	0,93356
Cupru	Cu	CuO	1,25181
	CuO	Cu	0,79884
Fier	Fe	FeO	1,28648
	Fe	Fe_2O_3	1,42972
	FeO	Fe	0,77731
	FeO	Fe_2O_3	1,11134
	Fe_2O_3	Fe	0,69944
	Fe_2O_3	FeO	0,89981
Fluor	F	HF	1,05305
	F	CaF_2	2,05474
	HF	F	0,94962
	CaF_2	F	0,48668
Germaniu	Ge	GeO_2	1,44077
	GeO_2	Ge	0,69407
Hidrogen	H	H_2O	8,93651
	H_2O	H	0,11190
Litiu	Li	Li_2O	2,15274
	Li_2O	Li	0,46452
Magneziu	Mg	MgO	1,65789
	MgO	Mg	0,60317
Mangan	Mn	MnO	1,29128
	Mn	MnO_2	1,58256
	Mn	Mn_2O_3	1,43692
	MnO	Mn	0,77443
	MnO	MnO_2	1,22557
	MnO	Mn_2O_3	1,11278
	MnO_2	Mn	0,63189
	MnO_2	MnO	0,81594
	MnO_2	Mn_2O_3	0,90797
	Mn_2O_3	Mn	0,69593
	Mn_2O_3	MnO	0,89864
	Mn_2O_3	MnO_2	1,10136

Elementul	Existent	Căutat	Factorul
Mercur	Hg	HgO	1,07976
	HgO	Hg	0,92613
Molibden	Mo	MoO_3	1,50026
	MoO_3	Mo	0,66655
Nichel	Ni	NiO	1,27262
	NiO	Ni	0,78578
Oxigen	O	H_2O	1,12600
	H_2O	O	0,88810
Platină	Pt	PtO_2	1,16391
	PtO_2	Pt	0,85917
Plumb	Pb	PbO	1,07722
	Pb	PbO_2	1,15443
	PbO	Pb	0,92832
	PbO	PbO_2	1,07168
	PbO_2	Pb	0,86623
	PbO_2	PbO	0,93311
Potasiu	K	K_2O	1,20462
	K_2O	K	0,83013
Seleniu	Se	SeO_2	1,40527
	Se	SeO_3	1,60790
	SeO_2	Se	0,71161
	SeO_2	SeO_3	1,14430
	SeO_3	Se	0,62193
	SeO_3	SeO_2	0,87398
Siliciu	Si	SiO_2	2,14041
	SiO_2	Si	0,46720
Sodiu	Na	Na_2O	1,34787
	Na_2O	Na	0,74191
Staniu	Sn	SnO	1,13479
	Sn	SnO_2	1,26959
	SnO	Sn	0,88122
	SnO	SnO_2	1,11878
	SnO_2	Sn	0,78766
	SnO_2	SnO	0,89383
Stronțiu	Sr	SrO	1,18259
	SrO	Sr	0,84560
Sulf	S	SO_2	1,99794
	S	SO_3	2,49691
	SO_2	S	0,50052
	SO_2	SO_3	1,24974
	SO_3	S	0,40049
	SO_3	SO_2	0,80016

Elementul	Existent	Căutat	Factorul
Titan	Ti	TiO_2	1,66806
	TiO_2	Ti	0,59950
Uraniu	U	UO_2	1,13441
	U	UO_3	1,20162
	UO_3	U	0,83221
	UO_3	UO_2	0,94407
	UO_2	UO_3	1,05924

2.3. Analiza volumetrică

2.3.1. Curățirea vaselor de sticlă utilizate în analiza volumetrică

Curățirea pipetelor, biuretelor și baloanelor cotate se face în scopul îndepărtării grăsimii de pe pereții acestora, care cauzează o udare neuniformă și, deci, o eroare de măsurare a volumelor. Curățirea se face prin: spălarea cu alcool; spălarea cu eter; spălarea cu soluții alcaline; spălarea cu acizi concentrați. Cel mai des întrebuințat în acest scop este *amestecul cromic*, care se prepară după cum urmează:

- într-un borcan de sticlă se introduc 500 ml H_2SO_4 tehnic și se amestecă cu 25 g bicromat de sodiu sau cu 15 g oxid cromic fin pulverizat;
- se dizolvă 25 g bicromat de potasiu în 50 ml apă caldă, se răcește repede vasul cu soluția astfel obținută, la robinetul cu apă rece și se adaugă cu atenție și sub agitare, acidul sulfuric tehnic.

Pentru uscarea vaselor, se trece prin acestea un curent de aer. De obicei, însă, nu se mai usucă, ci se clătesc de 3–4 ori cu soluția care urmează a fi introdusă în ele (exceptând soluțiile care se prepară prin aducere la semn cu apă distilată).

2.3.2. Măsurarea volumelor

În volumetrie, unitatea de măsură a volumelor de soluții este litrul, adică volumul ocupat de 1000 g apă distilată, la temperatura densității sale maxime (4°C), cântărită în vid.

$$1 \text{ litru} = 1000 \text{ ml} = 1000 \text{ cm}^3 = 1 \text{ dm}^3$$

Pentru prepararea soluțiilor de o anumită normalitate sau molaritate se folosesc baloane cotate, cu fundul plat și gâtul lung, cu capacitatea de: 1000 ml; 500 ml; 250 ml; 200 ml; 100 ml; 50 ml; 25 ml. Aceste baloane prezintă pe gâtul lor un semn (o striațiune) care indică nivelul până la care trebuie umplute cu soluție, pentru a realiza volumele înscrise pe ele.

Măsurarea volumelor soluțiilor se mai face cu ajutorul biuretelor de diferite

mărimi (100 ml; 50 ml; 25 ml; 10 ml; 5 ml), microbiuretelor (3 ml; 2 ml; 1 ml), pipetelor gradate (25 ml; 20 ml; 10 ml; 5 ml; 2 ml; 1 ml), pipetelor cotate (100 ml; 50 ml; 25 ml; 20 ml; 5 ml; 2 ml; 1ml) sau, în cazul măsurătorilor aproximative, cu cilindrii gradați (2000 ml; 1000 ml; 500 ml; 250 ml; 100 ml; 50 ml; 25 ml; 10 ml; 5 ml).

Citirea volumelor se face în funcție de soluția pe care o avem în balonul cotat, în biuretă sau în pipetă:

- dacă soluția este incoloră, se citește partea inferioară a meniscului acesteia;
- dacă soluția este colorată, se citește partea superioară a meniscului.

Ochiul observatorului trebuie să fie la înălțimea nivelului superior al lichidului din pipetă, biuretă sau balonul cotat.

Întrucât vasele gradate sunt marcate la temperatura de 20°C, acceptată internațional ca fiind cea mai apropiată de temperatura ambiantă obișnuită, în asemenea vase nu se introduc soluții fierbinți, deoarece acestea le decalibrează.

2.3.3. Erori ce pot fi făcute la măsurarea volumelor

1. *Eroarea de picurare.* În analiza volumetrică, schimbarea de culoare, apariția sau dispariția unui precipitat sunt semne care indică sfârșitul reacției. Este foarte probabil ca aceste semne să fie produse de un exces de picătură din soluția cu care se titrează și acest exces de reactiv de o picătură constituie ceea ce se numește eroarea de picurare, ce trebuie luată în considerare atunci când se lucrează cu soluții mai concentrate, iar titrarea se face din macrobiurete.

Eroarea de picurare este, în general, cu atât mai mică cu cât se lucrează cu volume mai mari de reactiv și cu biurete care la scurgere formează picături mai mici. Aceasta se calculează după relația:

$$p = +\frac{100v}{V}\% \qquad \text{in care:}$$

p este eroare de picurare;

V – volumul soluției cu care se titrează;

v – volumul picăturii.

Pentru ca eroarea de titrare să nu întrecă o anumită limită, este necesar să se calculeze normalitatea soluției cu care se va titra. De exemplu, dacă pentru titrarea unei soluții de HCl 0,1 n se vor folosi câte 15 ml, iar volumul unei picături la biureta de lucru este de 0,03 ml, atunci pentru o eroare de picurare de 0,1%:

$$V = \frac{100 \cdot 0{,}03}{0{,}1} = 30 \text{ ml}$$

și deci normalitatea soluției NaOH va trebui să fie:

$$\frac{15}{30} \cdot 0{,}1 = 5 \cdot 0{,}01\, n$$

Observație: Spre sfârșitul unei titrări, reactivul se adaugă numai cu picătura!

2. *Eroarea de scurgere.* La scurgerea unui lichid printr-un tub (pipetă, biuretă), volumul care aderă la suprafața interioară a tubului depinde de tensiunea superficială a lichidului, de vâscozitatea și densitatea sa, precum și de viteza de scurgere. În condițiile în care acești factori sunt menținuți constanți pentru un anumit volum de lichid, cantitatea care aderă la suprafața interioară a tubului depinde mult și de suprafața pe care o umezește acest volum, în sensul că volumul de lichid care aderă este cu atât mai mare cu cât suprafața este mai mare. Din această cauză este indicat să se lucreze cu biurete cu diametrul mai mic.

Întrucât volumul de lichid care aderă la peretele interior al biuretei (pipetei) depinde foarte mult de durata de scurgere și scade mult cu creșterea acestei durate, titrarea se va conduce cu încetul și aproximativ în același ritm ca și la etalonarea biuretei, sau ca la stabilirea titrului soluției cu care se lucrează.

3. *Eroarea de citire.* Mărimea erorii de citire la măsurarea volumelor depinde în cea mai mare măsură de diametrul interior al biuretei, aceasta fiind cu atât mai mică cu cât biureta cu care se titrează are un diametru interior mai mic și o înălțime mai mare.

4. *Eroarea de temperatură.* Întrucât vasele de măsurat volume (baloane cotate, pipete, biurete) sunt etalonate la temperatura de 20°C, dacă temperatura de lucru în timpul preparării unei soluții este mai mică decât 20°C, atunci soluția va fi mai diluată, deoarece la 20°C volumul ar fi mai mare; dacă, dimpotrivă, se lucrează la o temperatură mai ridicată decât 20°C, soluția obținută va fi mai concentrată, deoarece prin scăderea temperaturii la 20°C, volumul soluției se va micșora. Aceste diferențe de volum datorate lucrului la alte temperaturi decât acelea la care au fost etalonate vasele de măsurat volume și care sunt înscrise pe aceste vase, pot induce variații de titru apreciabile, mai ales în cazul unor diferențe mai mari de temperatură. Faptul face necesară efectuarea unor corecții de volum (tabelul 2.8) , dacă se lucrează la temperaturi diferite de 20°

2.3.3.1. Corecțiile de volum, în mililitri, pentru 1000 ml, la 20°C

Tabelul 2.8

Temperatura [°C]	Apă, soluții 0,01*n* și HCl 0,1*n*	Soluții 0,1*n*	HCl $5 \cdot 10^{-1} n$	HCl 1*n*	NaOH $5 \cdot 10^{-1} n$	NaOH 1*n*
5	+1,5	+1,7	+1,9	+2,3	+2,35	+3,6
6	1,5	1,65	1,85	2,2	2,25	3,4
7	1,4	1,6	1,8	2,15	2,2	3,2
8	1,4	1,55	1,75	2,10	2,15	3,0
9	1,4	1,5	1,7	2,0	2,05	2,7
10	1,3	1,45	1,6	1,9	1,95	2,5
11	1,2	1,35	1,5	1,8	1,8	2,3
12	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	2,0

Temperatura [°C]	Apă, soluții 0,01*n* și HCl 0,1*n*	Soluții 0,1*n*	HCl $5 \cdot 10^{-1} n$	HCl 1*n*	NaOH $5 \cdot 10^{-1} n$	NaOH 1*n*
13	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,8
14	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,6
15	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,3
16	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,1
17	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8
18	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6
19	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	– 0,2	– 0,2	– 0,2	– 0,2	– 0,2	– 0,3
22	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6
23	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9
24	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,2
25	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,5
26	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,8
27	1,5	1,7	1,7	1,7	1,8	2,1
28	1,8	2,0	2,0	2,0	2,1	2,4
29	2,1	2,3	2,3	2,3	2,4	2,8
30	2,3	2,5	2,5	2,6	2,8	3,2

Dacă se măsoară 1 litru de soluție la o temperatură mai mică de 20°C, ridicând temperatura la 20°C volumul aceluiași litru de soluție va fi mai mare cu numărul de mililitri din coloana și șirul respectiv din tabelul de mai sus, iar dacă se măsoară un litru de soluție la o temperatură mai mare decât 20°C, volumul aceluiași litru de soluție va fi mai mic la 20°C cu numărul de mililitri înscris în tabel. De exemplu, dacă se pune o soluție de acid oxalic 0,1 *n* la 12°C într-un balon de 1000 ml cotat la 20°C, volumul va fi: 1000 + 1,3 = 1001,3 ml și, deci dacă s-au cântărit *a* grame $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$, titrul va fi:

$$T = \frac{a}{1001,3}$$

Pentru a obține o soluție exact 10^{-p} normal ($p \geq 1$), urmează a se cântări nu $E \cdot 10^{-p}$ grame (E – echivalentul gram al substanței respective), ci:

$$\frac{1001,3 \cdot E \cdot 10^{-p}}{1000} = 1,0013 \cdot E \cdot 10^{-p} \text{ g}$$

care prin dizolvare în balonul de 1000 ml și prin diluare cu apă până la semn dă o soluție exact 10^{-p} normal ($p \geq 1$), la 12°C.

În general, dacă se lucrează la o temperatură mai mică de 20°C și într-un balon de *n* ml, cantitatea de substanță, în grame, care va trebui cântărită pentru a avea o soluție exact 10^{-p} normal (p ≥ 1) va fi:

$$\frac{1000+\Delta V}{1000}\cdot\frac{p\cdot E\cdot 10^{-p}}{1000}$$

în care ΔV este corecția de volum din tabel.

Dacă temperatura la care s-a preparat soluția este, de exemplu, de 24°C, atunci volumul la 20°C este 1000 – 0,9 = 991,1 ml, iar titrul soluției este:

$$T=\frac{a}{999,1}$$

Pentru a obține o soluție exact 10^{-p} normal ($p \geq 1$), se poate proceda în două moduri: se adaugă pentru un litru soluție, la balon, un volum de 0,9 ml dizolvant și, în general, se adaugă corecția, sau se cântărește mai puțin, și anume — în acest caz (pentru 1000 mililitri):

$$E\cdot 10^{-p}\cdot\frac{999,1}{1000}$$

grame substanță, în care E – echivalentul-gram al substanței respective.

În general, dacă se lucrează la temperaturi peste 20°C și într-un balon cotat de n mililitri, cantitatea de substanță, în grame, care va trebui cântărită pentru a avea o soluție exact 10^{-p} normal ($p \geq 1$), va fi:

$$\frac{1000-\Delta V}{1000}\cdot\frac{n\cdot E\cdot 10^{-p}}{1000}$$

în care ΔV este corecția de volum, în valoare absolută, adică 1000 – ΔV 1000.

Tabelul 2.8 se mai poate folosi și pentru corecțiile de volum de care trebuie să se țină seama când un vas gradat la o temperatură este utilizat pentru a măsura volume de soluții care au o altă temperatură. Astfel, de exemplu, dacă dintr-o soluție de concentrație 10^{-1} normal la temperatura de 26°C se ia un volum de 38,4 ml, cu o biuretă gradată la 20°C, acest volum la 20°C va fi:

$$38,4-\frac{38,4\cdot 1,4}{1000}=38,35 \text{ ml}$$

În general,

$$V_{20^\circ C}=V_t-\frac{V_t\cdot\Delta V}{1000}$$

Dacă s-ar fi lucrat la 10°C, atunci acest volum la 20°C ar fi fost:

$$38,4+\frac{38,4\cdot 1,45}{1000}=38,455 \text{ ml}$$

În general,

$$V_{20^\circ C}=V_t+\frac{V_t\cdot\Delta V}{1000}$$

unde t este temperatura de lucru.

2.3.4. Indicații asupra posibilităților de determinare cantitativă a cationilor și a anionilor, prin metode volumetrice

Tabelul 2.9

Nr. crt.	Ionul	Metoda
1	Ag^{+}	Argentometrie
2	Pb^{2+}	Iodometrie; Permanganometrie; Cromatometrie; Potențiometrie; Conductometrie; Complexometrie
3	Hg^{2+}	Iodometrie; Cerimetrie; Titrare cu formare de precipitat; Acidimetrie; Alcalimetrie; Complexometrie
4	Cu^{2+}	Iodometrie; Titrare cu formare de precipitat; Titanometrie; Complexometrie
5	Bi^{3+}	Argentometrie; Bromatometrie; Complexometrie
6	Cd^{2+}	Complexometrie
7	As^{3+}	Bromatometrie; Iodometrie; Cerimetrie; Permanganometrie; Argentometrie
8	Sb^{3+}	Bromatometrie; Cerimetrie; Complexometrie; Iodometrie; Permanganometrie
9	Sn^{2+}	Iodometrie; Bromatometrie; Clorometrie; Complexometrie;
10	Se^{4+}	Titrare cu formare de precipitat cu indicarea electrometrică a punctului final
11	Cr^{3+}	Permanganometrie; Iodometrie; Complexometrie
12	Al^{3+}	Titrare complexometrică indirectă
13	Fe^{2+} Fe^{3+}	Permanganometrie; Cromatometrie; Iodometrie; Ascorbimetrie; Cerimetrie; Titanometrie; Complexometrie
14	Ni^{2+}	Sub formă de cianură complexă cu indicarea electrometrică a punctului final; Complexometrie
15	Co^{2+}	Sub formă de cianură complexă cu indicarea electrometrică a punctului final; Complexometrie
16	Zn^{2+}	Bromatometrie; Titrare cu formare de precipitat; Complexometrie
17	Mn^{2+}	Permanganometrie; Complexometrie
18	Ti^{4+}	Permanganometrie; Bromatometrie; Complexometrie
19	Zr^{4+}	Bromatometrie; Prin intermediul acidului mandelic, indirect permanganometric sau cromatometric; Complexometrie
20	Mo^{6+}	Complexometrie
21	V^{5+}	Permanganometrie; Iodometrie; Cerimetrie; Complexometrie
22	Ca^{2+}	Permanganometrie; Iodometrie; Complexometrie; Alcalimetrie (titrare prin deplasare)

Nr. crt.	Ionul	Metoda
23	Sr^{2+}	Alcalimetrie (titrare prin deplasare); Complexometrie
24	Ba^{3+}	Complexometrie
25	Mg^{2+}	Complexometrie
26	Na^{+}	Alcalimetrie
27	K^{+}	Alcalimetrie
28	NH_4^{+}	Alcalimetrie
29	Cl^{-}	Acidimetrie; Argentometrie
30	ClO_2^{-}	Iodometrie
31	ClO_3^{-}	Iodometrie; Bromatometrie
32	ClO_4^{-}	Acidimetrie
33	Br^{-}, (BrO_3^{-})	Iodometrie; Argentometrie (acid arsenios)
34	I^{-}	Argentometrie; Iodometrie; Cerimetrie
35	IO_3^{-}	Iodometrie
36	IO_4^{-}	Iodometrie
37	F^{-}	Acidimetrie; Argentometrie
38	CN^{-}	Argentometrie; Iodometrie; Conductometrie
39	SCN^{-}	Argentometrie; Iodometrie; Bromatometrie
40	S^{2-}	Iodometrie; Bromatometrie; Argentometrie; Permanganometrie.
41	SO_4^{2-}	Acidimetrie; Iodometrie
42	SO_3^{2-}	Iodometrie; Cerimetrie
43	$S_2O_3^{2-}$	Iodometrie; Cerimetrie
44	$S_2O_4^{2-}$	Iodometrie; Cerimetrie
45	NO_3^{-}	Acidimetrie; Alcalimetrie
46	NO_2^{-}	Permanganometrie; Bromatometrie; Cerimetrie; Iodometrie
47	PO_4^{3-}	Acidimetrie; Argentometrie
48	$P_2O_6^{4-}$	Iodatometrie; Bromatometrie
49	HPO_3^{2-}	Iodatometrie; Bromatometrie; Iodometrie
50	H_2PO^{2-}	Iodometrie
51	CO_3^{2-}	Acidimetrie; Titrare prin deplasare; Alcalimetrie.
52	HCO_3^{-}	Titrare prin deplasare
53	CH_3COO^{-}	Acidimetrie
54	$HCOO^{-}$	Permanganometrie; Acidimetrie
55	$C_4H_4O_6^{2-}$	Acidimetrie
56	$C_2O_4^{2-}$	Permanganometrie; Acidimetrie
57	BO_3^{3-}	Acidimetrie; Alcalimetrie

2.3.5. Indicatori folosiți în analiza volumetrică

2.3.5.1. Indicatori acido-bazici uzuali

Tabelul 2.10

Denumirea indicatorului	Concentrația	Intervalul de viraj și culoarea indicatorului	Modul de preparare
Albastru de bromfenol	0,1%	3,0 galben - 4,6 albastru-violet	Se dizolvă la cald 0,1 g indicator în 20 ml alcool și, după răcire, se completează cu apă distilată la 100 ml.
Albastru de bromtimol	0,1%	6,0 galben - 7,6 albastru	Se dizolvă la cald 0,1 g indicator în 20 ml alcool și, după răcire, se completează cu apă distilată la 100 ml.
Albastru de timol (primul viraj)	0,01%	1,2 roșu - 2,8 galben	0,01 g indicator se mojarează într-un mojar cu 4,3 ml soluție de NaOH 0,05 *n* și se completează apoi cu apă distilată la 100 ml
Albastru de timol (al doilea viraj)	0,01%	8,0 galben - 9,6 albastru	Se dizolvă 0,01 g indicator în 100 ml alcool 20%, care conține 4,3 ml NaOH 0,05 *n*
2,4-Dinitrofenol	0,08%	2,6 incolor - 4,4 galben	Se dizolvă 0,08 g indicator în 25 ml alcool și se completează cu apă distilată la 100 ml.
Fenolftaleină	1,0%	8,2 incolor - 10,0 roșu	Se dizolvă 1 g indicator în 100 ml alcool etilic 60%
Hârtie de turnesol roșie		5,0 roșu - 8,0 albastru	
Hârtie de turnesol albastră		8,0 albastru - 5,0 roșu	
Metiloranj	0,1%	3,0 roșu - 4,4 galben	Se dizolvă 0,1 g indicator în 100 ml apă distilată
Roșu de alizarină-S	0,1%	5,0 galben - 7,4 roșu-violet	Se dizolvă 0,1 g indicator în 100 ml apă distilată
Roșu de Congo	0,1%	3,0 albastru-violet - 5,2 roșu	Se dizolvă 0,1 g indicator în 100 ml apă distilată
Roșu de crezol	0,1%	7,2 galben - 8,8 roșu	Se triturează 0,1 g indicator cu 2,7 ml NaOH 0,1 N, se completează cu apă distilată la 100 ml și se filtrează

Denumirea indicatorului	Concentrația	Intervalul de viraj și culoarea indicatorului	Modul de preparare
Roșu de fenol	0,1%	6,4 galben - 8,2 roșu	Se triturează 0,1 g indicator cu 28 ml NaOH 0,1 N, se completează cu apă distilată la 100 ml și se filtrează
Roșu de metil	0,1%	4,2 roșu - 6,2 galben	Se dizolvă 0,1 g indicator în 100 ml alcool etilic
Roșu neutral	0,1%	6,8 roșu - 8,0 galben	Se dizolvă 0,1 g indicator în 100 ml apă distilată
Timolftaleină	0,1%	9,3 incolor - 10,5 albastru	Se dizolvă 0,1 g indicator în 100 ml alcool 90%
Verde de bromcrezol	0,05%	3,8 galben - 5,4 albastru	Se dizolvă 0,05 g indicator în 100 ml alcool 20% care conține 2,9 ml NaOH 0,05 N

2.3.5.2. Indicatori redox uzuali

Tabelul 2.11

Denumirea indicatorului	Potențialul normal al indicatorului E_0 la *p*H=0, în V	Culoarea indicatorului	
		Forma redusă	Forma oxidată
Indigo carmin, soluție apoasă 0,1%	0,12	Incolor	Albastru
Roșu neutral, soluție apoasă 0,1%	0,24	Incolor	Roșu
Albastru de Nil, soluție apoasă 0,1%	0,41	Incolor	Albastru
Albastru de metilen, soluție apoasă 0,1%	0,53	Incolor	Albastru
Difenilamină, soluție 0,5% în acid sulfuric 20%	0,70	Incolor	Albastru violet
Difenil-benzidină, soluție 0,5% în H_2SO_4 20%	0,70	Incolor	Albastru violet
p-Nitro-fenil-amină, soluție 0,5% în H_2SO_4 20%	0,85	Incolor	Roșu violet
o-Toluidină, soluție 0,5% în acid sulfuric 20%	0,87	Incolor	Albastru
Benzidină, soluție 0,5% în acid sulfuric 20%	0,90	Incolor	Albastru

2.3.5.2. Indicatori de fluorescenţă uzuali

Tabelul 2.12

Indicatorul	Intervalul de viraj al pH-ului	Variaţia fluorescenţei
Benzoflavină	0,3 – 1,7	Galben-verde
4-Etoxiacridonă	1,4 – 3,2	Verde albastru
Acid salicilic	2,5 – 3,5	Intensificarea fluorescenţei albastre deschis
Eosină (tetrabromfluoresceină)	2,5 – 4,5	Intensificarea fluorescenţei galben-verzui
β-Naftilamină	2,8 – 4,4	Intensificarea fluorescenţei violete
Eritrosină	3,0 – 4,2	Intensificarea fluorescenţei albastre-verzui
Dimetilnafteirodină	3,2 – 3,8	Liliachiu-portocaliu
α-Naftilamină (primul viraj)	3,4 – 4,2	Intensificarea fluorescenţei albastre
Acid cromotropic	3,5 – 6,0	Intensificarea fluorescenţei albastre
Fluoresceină	4,0 – 5,0	Intensificarea fluorescenţei verzi
Chinină (primul viraj)	3,8 – 6,1	Albastru deschis-violet
Acridină	4,8 – 6,6	Verde-albastru violet
β-Naftochinolină	5,0 – 8,0	Albastru intens-violet pal
3,6-Dihidroxiftalimidă	6,0 – 8,0	Verde-galben verzui
β-Naftol	7,0 – 8,5	Albastru slab-albastru violet
2,3-Dicianhidrochinonă	6,8 – 8,8	Albastru-verde
Sarea G	7,4 – 9,0	Intensificarea fluorescenţei albastre
Sarea R	8,0 – 10,6	Intensificarea fluorescenţei albastre
Chinină (al doilea viraj)	9,5 – 10,5	Violet-incolor
Cumarină	9,8 – 12,0	Verde închis-galben deschis
α-Naftilamină (al doilea viraj)	12,0 – 13,0	Slăbirea fluorescenţei albastre
Acid naftionic	11,5 – 14,0	Albastru violet-verde albăstrui

2.3.5.4. Indicatori de absorbţie uzuali

Tabelul 2.13

Indicatorul	Ionul titrat	Ionul determinat	Modificarea culorii
Albastru de bromcrezol (verde de bromcrezol), soluţie 1% în alcool 20%	Ag^+	Cl^-	Violet-albastru verzui
Albastru de bromfenol, soluţie alcoolică 0,1% sau soluţie apoasă 0,1% a sării de sodiu	Ag^+	Cl^-, Br^- CNS^- I^-	Galben-albastru Verde-gălbui Verde-albăstrui
Difenilcarbazonă, soluţie alcoolică 0,2%	Ag^+	Cl^-	Roşu deschis-violet

Indicatorul	Ionul titrat	Ionul determinat	Modificarea culorii
		Br^-, I^-	Galben-verde
		CNS^-	Roz-albastru
Eozină, soluție 0,5% în apă a sării de sodiu sau soluție 0,1% de eozină în alcool 70%	Ag^+	Br^-, I^- CNS^-	Oranj-roșu intens
Eritrosină, sol. apoasă 0,5%	Pb^{2+}	MoO_4^-	Oranj-roșu închis
Fluoresceină, soluție alcoolică 0,1%	Ag^+	Cl^-, Br^- CNS, I^-	Galben verzui-roz Verde-gălbui oranj
Fucsină, soluție alcoolică 0,1%	Ag^+	Cl^- Br^-, I^- CNS^-	Roșu-violet roz Oranj-roz Albăstrui-roz
Rodamină 6G, soluție apoasă 0,1%	Ag^+	Br^-, Cl^-	Roșu violet-oranj
Roșu de alizarină S, soluție apoasă 0,4%	Pb^{2+}	$Fe(CN)_6^{4-}$	Galben-roșu deschis
Roșu de Congo, soluție apoasă 0,1%	Ag^+	Cl^-, Br^-, I^-	Roșu-albastru
Tropeolină 00, soluție apoasă 0,1%	Ag^+	Cl^-	Galben-roz

2.3.5.5. Indicatori complexometrici frecvent utilizați în analiza chimică

Tabelul 2.14

Denumirea indicatorului	Ionii de analizat	*p*H-ul optim	Virajul
Acid salicilic	Ti^{4+}	2	*Roșu / galben-deschis
Acid sulfosalicilic	Fe^{3+}	2,5	Portocaliu / galben
	Al^{3+}	6	*Galben / roșu
	Cr^{3+}	4,5	*Galben / roșu
	Ce^{3+}	5	*Galben-verzui / roșu portocaliu
Calceina (flourexon sau fluoresceincomplexon)	Ca^{2+}	12	Galben-verzui / violet
Cromazurol S	Cu^{2+}	6	Albastru-verde
	Al^{3+}	4	Violet / portocaliu
Ditizonă	Pb^{2+}	3,5–6,4	Roșu / galben-verzui
	Sn^{2+}	4,4–4,8	*Brun / orange
	Al^{3+}	4,6	*Brun-violet / roz-roșu
Eriocrom negru T	Mg^{2+}	7–10	Roșu / albastru
	Hg^{2+}	10	*Albastru / roșu

Denumirea indicatorului	Ionii de analizat	*p*H-ul optim	Virajul
	Ni^{2+}	10–11	*Albastru / roșu
	Mn^{2+}	10	Roșu / albastru
	Pb^{2+}	10	Roșu / albastru
	Cd^{2+}	7–10	Roșu / albastru
	Ca^{2+}	10	Roșu / albastru
	Sr^{2+}	10	Roșu / albastru
	Ba^{2+}	NH_3 conc.	Roșu / albastru
	In^{3+}	8–10	Roșu / albastru
	Cr^{3+}	9–10	Roșu / albastru
	Zr^{4+}	HCl 2N	*Albastru-violet / roz
Ftalein-complexon	Ca^{2+}	11	Roșu / cenușiu
	Ba^{2+}	11	Violet / incolor
Murexid	Cu^{2+}	8	Galben-verzui / violet
	Zn^{2+}	8–9	Galben / violet
	Ni^{2+}	10	Galben / violet
	Co^{2+}	10	Galben / violet
	Ca^{2+}	12	Roșu / albastru-violet
1–(2–Piridil–azo)–2–naftol (PAN)	Zn^{2+}	5–6	Roșu / galben
	Cu^{2+}	3	Roșu / galben-verde
	Cu^{2+}	5–6	Roșu-violet / galben
Piridil–azo–resorcinol (PAR)	Cu^{2+}	5	Galben-verde
Tiron	Fe^{3+}	2,5	Verde / galben
Violet de pirocatechină	Cu^{2+}	10	Albastru / violet
	Zn^{2+}	10	Albastru / violet
	Ni^{2+}	10	Albastru / violet
	Mg^{2+}	10	Albastru-verzui / purpuriu
	Co^{2+}	10	Verde-albastru / roșu
	Mn^{2+}	10	Verde-albastru / roșu-violet
	Pb^{2+}	5,5	Albastru / galben
	Bi^{3+}	2,3	Albastru / galben
Xylenol orange	Zn^{2+}	5–6	Roșu-violet / galben
	Sn^{2+}	4	*Galben / roșu
	Al^{3+}	4,6	Brun-violet / roz-roșu
	Pb^{2+}	5–6	Roșu / galben
	Hg^{2+}	6	Violet / galben
	Co^{2+}	5–6	Roșu-violet / galben
	Al^{3+}	5	*Galben / roșu
	In^{3+}	3–4,5	Roșu-violet / galben
	Bi^{3+}	1–2	Roșu / galben

Denumirea indicatorului	**Ionii de analizat**	***p*H-ul optim**	**Virajul**
	Fe^{3+}	2	*Galben / roșu
	Ti^{4+}	3	*Galben / roșu
	U^{6+}	Slab acid	*Galben / roșu-violet

*) Se adaugă un exces de agenți complexanți (exemplu EDTA), apoi acest exces, în mod indirect, se deduce prin adăugarea unui alt ion de complexat (Zn^{2+}, Cu^{2+}, Pb^{2+}, Bi^{3+}, Fe^{3+} etc.) cu viraj mai net.

2.3.5.6. Indicatori acid-bază în mediu neapos

Tabelul 2.15.

Clasa de substanțe	Substanța	Dizolvantul	Soluția titrată	Domeniul de utilizare	Indicatorul
Azo-derivați	*p*-Hidroxi-azobenzen	Acetonă	Metoxid alcalin în benzen-metanol	Acid carboxilic, fenol	Soluție benzenică 0,2%
	Azovioletl4-(*p*-nitrofenilaza)-rezorcină I	Dimetil-formamidă	Metoxid de sodiu în benzen-metanol trognanina	Fenoli, enoli, ester malonic, imide nitrognanina	
			Metoxid de potasiu în benzen-metanol	Grupe fenolice	
			Hidroxid de tetrabutil-amoniu în benzen-metanol	Azotat de amoniu	
		Piridină		Acizi slabi	
	Galben de metil (*p*-dimetil-aminoazobenzen	Cloroform	Acid p-toluen-sulfonic în cloroform	Amine, alcaloizi, reserpină	Soluție cloroformică 0,1%
	Metiloranj (*p*-dimetil-amino-azobenzen-sulfonat de sodiu)	Glicol-hidrocarbură (G-H)	Acid percloric în G-H	Sărurile alcaline ale unor acizi organici, monobazici	

Clasa de substanțe	Substanța	Dizolvantul	Soluția titrată	Domeniul de utilizare	Indicatorul
Azo-derivați	Roșu-metil (acid *p*-dimetil amino-azo-benzen-*o*-carboxilic)	Cloroform Fenol + cloroform + acetonitril Dioxan	Acid percloric în dioxan	Antihistamine, cafeină Fosfat de codeină Baze heterociclice, amine alifiatice	Soluție în metanol 1%
Derivați tri-fenil-metanici	Cristal-violet (clorhidrat de hexametil-pararoz-anilină)	Acid acetic glacial	Acid percloric în acid acetic glacial	Circa 400 de combinații. Unul dintre cei mai importanți indicatori. Baze organice, săruri ale acizilor organici	Soluție în acid acetic glacial 0,5%
	Metil-violet (clorhidrat de pentametil-pararoz-nilină	Acid acetic glacial	Acid percloric în acid acetic glacial	Amine, derivați aminotri azolici, barbiturați baze organice	Soluție în clor-benzen 0,2%
		Acid acetic glacial + anhidridă acetică		Teobromină, dihidroxi-propil-teofilină	
		Dioxan		Sulfonamide	
	Verde malachit (clorhidrat de tetrametil-di-*p*-diamino fucsină)	Acid acetic glacial	Acid percloric în acid acetic glacial	Alcaloizi, fenazonă	Soluție 0,5% în acid acetic glacial

Clasa de substanțe	Substanța	Dizolvantul	Soluția titrată	Domeniul de utilizare	Indicatorul
Ftaleine	Fenolfltaleină (di-*p*-dihidroxi-difenil--ftalidă)	Etanol + Benzen	Hidroxid de potasiu în etanol	Exponent de aciditate	Soluție alcoolică 1%
		Piridină	Metoxid de sodiu în benzen-metanol	Sulfonamide, alcaloizi, acid barbituric și derivații săi	Soluție 1% în piridină
	Timol-ftaleină (ditimol-ftalidă)	Piridină	Metoxid de sodiu în piridină	Tetritarea aminelor alifatice primare în prezența celor secundare și terțiare	Soluție 1% în piridină
		Acetonă	Hidroxid de tributil-metil-amoniu în benzen	Acid clorhidric și acid sulfuric sau acid azotic și acid sulfuric prezenți simultan	Soluție 1% în piridină
Sulfoftaleine	Albastru de timol (timol-sulfoftaleină)	Dimetil-formamidă	Metoxid alcalin în benzen-metanol	Acid acetil-salicilic, barbiturați, acid colic, teofilină, sulfonamide	Soluție în metanol 0,3%
		Metanol	Metoxid alcalin în benzen metanol	Alcaloizi	
		Acetonă	Metoxid alcalin în benzen-metanol	Bioxid de carbon	

Clasa de substanțe	Substanța	Dizolvantul	Soluția titrată	Domeniul de utilizare	Indicatorul
Sulfoftaleine	Albastru de timol (timol-sulfoftaleină)	Cloroform	Hidroxid de sodiu în metanol	Barbiturați	Soluție în metanol 0,3%
		Piridină	Metoxid de sodiu în piridina	Antihistamine, acizi polibazici slabi	
		Metanol	Acid percloric în dioxan	Acid *p*-aminosalicilic	
	Albastru de brom-fenol (tetrabrom-fenol-sulfoftaleină)	Cloroform	Acid *p*-toluen-sulfonic în cloroform	Antropină și alți alcaloizi	Soluție cloroformică 1%

2.3.5.7. Amestecuri de indicatori

Tabelul 2.15

Compoziția amestecului	*p*H-ul la care se utilizează	Schimbarea culorii	
		de la:	la:
Galben dimetil, soluție alcoolică 0,1% + albastru de metilen, soluție alcoolică 0,1% (1 parte + 1 parte)	3,25	albastru violet	verde
Metiloranj, soluție apoasă 0,1% + indigo-carmin, soluție apoasă 0,25% (1p + 1p)	4,1	violet	verde
Albastru de bromcrezol, soluție alcoolică 0,1% + roșu de metil, soluție alcoolică 0,1% (3p + 1p)	5,1	roșu	verde
Roșu neutral, soluție alcoolică 0,1% + albastru de metilen, soluție apoasă 0,1% (1p + 1p)	7,0	violet--albastru	verde
Bromtimol (sare de sodiu), soluție apoasă 0,1% + roșu fenol (sare de sodiu), soluție apoasă 0,1% (1p + 1p)	7,5	galben	violet
Roșu crezol, soluție apoasă 0,1% + albastru de timol, soluție apoasă 0,1% (1p + 3p)	8,3	galben	violet
Albastru de timol, soluție apoasă 0,1% + fenolftaleină, soluție alcoolică 0,1% (1p + 3p)	9,0	galben	violet
Fenolftaleină 0,1% în alcool 50% + -naftolftaleină 0,1% în alcool 50% (2p + 1p)	9,6	roz slab	violet
Timolftaleină, soluție alcoolică 0,1% + galben de alizarină, soluție alcoolică 0,1% (2p + 1p)	10,2	galben	violet
Albastru de Nil, soluție alcoolică 0,2% + galben de alizarină, soluție alcoolică 0,1% (2p +1p)	10,8	verde	roșu-brun

2.3.5.8. Indicatori universali

1. Se dizolvă 100 mg fenolftaleină, 200 mg roșu de metil, 300 mg galben de metil, 400 mg albastru de bromtimol și 500 mg albastru de timol în 500 ml alcool etilic 96% și apoi se adaugă la soluția obținută hidroxid de sodiu, soluție 0,1N până la apariția culorii galben net (*p*H = 6).

Culoarea	Roşie	Portocalie	Galbenă	Verde	Albastră
***p*H-ul**	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0

2. Se amestecă 15 ml soluţie 0,1% galben de metil, 5 ml soluţie 0,1% roşu de metil, 20 ml soluţie 0,1% albastru de brom-timol, 20 ml soluţie 0,1% fenolftaleină şi 20 ml soluţie 0,1% timolftaleină.

Culoarea	Roz	Roşu-portocaliu	Portocaliu
***p*H-ul**	1,0	3,0	4,0

3.Se dizolvă 70 mg tropeolină, 100 mg metiloranj, 80 mg roşu de metil, 400 mg albastru de bromtimol, 500 mg fenolftaleină şi 100 mg galben de alizarină R în 100 ml alcool etilic 50%.

Culoarea	Portocaliu-roşu	Roşu-portocaliu	Portocaliu	Galben-portocaliu	Portocaliu-galben
***p*H-ul**	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
Culoarea	Galben	Galben-verzui	Verde	Albastru verzui	Albastru violet
***p*H-ul**	6,5	7,0	8,0	9,0	9,5
Culoarea	Verde albăstrui	Albastru-violet	Roşu-violet		
***p*H-ul**	9,0	10,0	11,0		

4.Se dizolvă 100 mg roşu de metil, 100 mg albastru de bromtimol, 100 mg alfa-naftolftaleină, 100 mg fenolftaleină şi 100 mg timolftaleină în 500 ml alcool etilic 96%.

Culoarea	Roşu	Portocaliu	Galben	Galben-verzui	Verde
***p*H-ul**	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
Culoarea	Verde-albăstrui	Albastru-violet	Roşu-violet		
***p*H-ul**	9,0	10,0	11,0		

Tabelul 2.16. Consumul de NaOH 0,1 *n* necesar pentru a provoca virajul unor indicatori

Indicatorul	**Intervalul de schimbare**	**Volumul de NaOH 0,1*n* (ml)**
Galben de dimetil	2,9 - 4,0	1,20
Roşu de metil	4,2 - 6,3	0,06
Albastru de bromtimol	6,0 - 7,6	0,001

Tabelul 2.17. Comportarea unor indicatori la creșterea temperaturii

Indicatorul	Intervalul de viraj			
	18 °C		100 °C	
	*p*H	*p*OH	*p*H	*p*OH
Violet de metil	0,1 - 3,2	14,1 - 11,0	0,5 - 1,7	11,7 - 10,5
Timolsulfoftaleină	1,2 - 2,8	13,0 - 11,4	1,2 - 2,6	11,0 - 9,6
Tropeolină 00	1,3 - 3,3	12,9 - 10,9	0,8 - 2,2	11,2 - 10,0
Galben de dimetil	2,9 - 4,0	11,3 - 10,2	2,3 - 3,5	9,9 - 8,7
Metiloranj	3,1 - 4,4	11,1 - 9,8	2,5 - 3,7	9,7 - 8,5
Roșu de metil	4,2 - 6,3	10,0 - 7,9	4,0 - 6,0	8,2 - 6,2
p-Nitrofenol	5,0 - 7,0	9,2 - 7,2	5,0 - 6,5	7,2 - 5,7
Fenolsulfoftaleină	6,8 - 8,4	7,4 - 5,8	7,3 - 8,3	4,9 - 3,9
Fenolftaleină	8,3 - 10,0	5,9 - 4,2	8,1 - 9,0	4,1 - 3,2
Timolsulfoftaleină	8,0 - 9,6	6,2 - 4,6	8,2 - 9,2	4,0 - 3,0
Timolftaleină	9,3 - 10,5	4,9 - 3,7	8,7 - 9,5	3,5 - 2,7

2.3.6. Modul de exprimare a concentrației soluțiilor

Exprimarea concentrației soluțiilor se poate face în mai multe feluri, după cum urmează:

1) *concentrația procentuală de masă* (g/g) – exprimă cantitatea de substanță dizolvată din 100 g de soluție;
2) *concentrația procentuală la volum* (g/v) – exprimă cantitatea de substanță, în grame, dizolvată în 100 ml de soluție;
3) *concentrația procentuală în volume* (v/v) – exprimă numărul de mililitri dintr-o substanță chimică, care se prezintă sub formă lichidă, la 100 ml soluție;
4) *concentrația molară* sau *molaritatea* (*m*) – exprimă numărul de moli de substanță dizolvată într-un litru de soluție (mol / l);
5) *concentrația molară* sau *molalitatea* (*M*) – exprimă numărul de moli de substanță dizolvată în 1000 grame de soluție;
6) *concentrația normală (normalitatea sau concentrația valară)*, *N* sau *n*, exprimă numărul de echivalenți-gram dintr-o substanță, care se găsesc solviți într-un litru de soluție.

Observație. Cunoscând normalitatea soluției se poate calcula cantitatea de substanță conținută într-un litru de soluție, după relația:

$$g_{\text{substanța}} = \frac{M}{P} \cdot N$$

în care:

M – masa moleculară a substanței;

P – valența (numărul de electroni, de ioni H^+, de ioni OH^- sau echivalentul acestora cu care reacționează substanța respectivă în reacție);

N – normalitatea soluției.

Cunoscând cantitatea de substanță prezentată într-un litru de soluție se poate calcula normalitatea acelei soluții după relația:

$$N = \frac{P\, g_{substanta}/l}{M}$$

în care N, P, și M au semnificațiile menționate mai sus.

7) *titrul soluției* (T) – exprimă cantitatea de substanță în grame, care se găsește dizolvată într-un mililitru de soluție;

8) *părți per milion* (p.p.m.) = g /t = mg / kg = mg / l

9) *părți per bilion* (p.p.b.) = kg / 1.000.000.000 kg = g /1.000.000 kg = = mg / t = μg / kg = μg / l.

2.3.7. Prepararea soluțiilor titrate și stabilirea titrului soluțiilor

Pentru prepararea unei soluții sunt necesare un dizolvant și substanța respectivă. Ca dizolvant se utilizează în volumetrie, de cele mai multe ori, apa distilată sau bidistilată care, în unele cazuri, trebuie în prealabil fiartă și răcită, pentru a se îndepărta din ea gazele dizolvate (în special CO_2).

Pentru anumite scopuri se utilizează ca dizolvant amestecuri de apă cu alcool sau cu acetonă, precum și alți solvenți ca: amoniac lichid, acid sulfuric, acid acetic, alcool metilic, alcool etilic etc.

Concentrația soluțiilor folosite ca reactivi în volumetrie este exprimată în molaritate și normalitate.

Soluția molară (*M*) se obține prin dizolvarea unei molecule-gram dintr-o substanță într-un solvent și aducerea soluției obținute la un volum de 1000 ml, într-un balon cotat.

Soluția normală (*N*) se obține prin dizolvarea unui echivalent-gram dintr-o substanță într-un solvent și diluarea soluției obținute la volumul de 1000 ml, într-un balon cotat.

Echivalentul-gram reprezintă acea cantitate, exprimată în grame, dintr-un element care se combină cu un atom-gram hidrogen sau jumătate atom-gram oxigen, sau care poate înlocui aceste cantități de hidrogen sau de oxigen în combinațiile lor.

În reacțiile de neutralizare, reacții cu schimb de protoni, un echivalent-gram se definește ca fiind cantitatea de substanță care reacționează cu un echivalent-gram de

protoni (= ion-gram de hidrogen) în reacția respectivă, iar în reacțiile de oxidare și reducere se înțelege prin echivalent-gram cantitatea de substanță care reacționează cu un electron-gram.

Practic, *echivalentul-gram al unui element* este raportul dintre atomul-gram și valența elementului respectiv. De exemplu, un echivalent-gram de Na = 23 / 1 = 23 g Na; un echivalent-gram de Ca = 40,08 / 2 = 20,4 g calciu; un echivalent-gram de aluminiu = 26,97 / 3 = 8,99 g Al; un echivalent-gram de carbon = 12,011 / 4 = 3,0027 g C.

Echivalentul-gram al unei combinații, în reacțiile de neutralizare sau de precipitare, este raportul dintre masa moleculară a acelei combinații și valența ionului cu cea mai mare valență.

Exemple:

1) echivalentul-gram al NaCl este egal cu masa moleculară a acestei substanțe, întrucât atât cationul cât și anionul sării sunt monovalente; la fel este și în cazul $AgNO_3$, KCl, NaOH, KOH, HCl, HNO_3, CH_3COOH etc.;
2) echivalentul-gram al $CaCl_2$, $MgCl_2$, Na_2CO_3, $BaSO_4$ etc. este egal cu masa moleculară / 2;
3) echivalentul-gram al $AlCl_3$ este egal cu masa moleculară / 3;
4) echivalentul-gram al $Ca_3(PO_4)_2$, $Fe_2(SO_4)_3$ etc. este egal cu raportul dintre masa moleculară a unor asemenea substanțe și produsul dintre numărul ionilor de metal și sarcina metalului, respectiv = M. mol. / 2 · · 3= M. mol. / 6.

Generalizând, *echivalentul-gram al unei sări* este:

$$E_{g\,\text{sare}} = \frac{M \cdot \text{mol} \cdot \text{sare}}{\text{Numarul ionilor de metal} \cdot \text{sarcina ionului}}$$

Observație. Pentru calculul echivalentului-gram va trebui să se țină neapărat seama de natura reacției în care este angajată sarea și de condițiile în care se petrec reacțiile. Așa, de exemplu:

1) dacă se titrează H_3PO_4 ca NaH_2PO_4 cu alcalii, în prezență de metiloranj, atunci masa sa echivalentă este $M_{H_3PO_4}$ / 1, iar dacă se titrează ca Na_2HPO_4, în prezență de fenolftaleină ca indicator, atunci echivalentul-gram este $M_{H_3PO_4}$ / 2;

2) permanganatul de potasiu este un oxidant în soluții acide, neutre sau bazice, dar mersul reacției este diferit în cele trei medii în care acționează; în consecință, și masa echivalentă este diferită, după cum urmează:

- în mediu acid, $Mn^{7+} \xrightarrow{+5e} Mn^{2+}$ și, prin urmare, echivalentul de oxidare al permanganatului de potasiu în mediu acid = M_{KMnO_4} / 5 = 158,03 / 5 = 31,607 g $KMnO_4$
- în mediu neutru, $Mn^{7+} \xrightarrow{+3e} Mn^{4+}$ și echivalentul de oxidare este

M_{KMnO_4} / 3 = 158,037 / 3 = 52,679 g $KMnO_4$;

- în mediu puternic alcalin, $Mn^{7+} \xrightarrow{+1e^-} Mn^{6+}$ și echivalentul-gram este M_{KMnO_4}/ 1 = 158,037 g $KMnO_4$.

Atenție! Echivalentul-gram calculat pentru o substanță oarecare este valabil numai pentru reacția considerată; o calculare greșită a echivalentului gram poate avea consecințe grave asupra rezultatului unei analize, în sensul înregistrării unor erori foarte mari. Așa, de exemplu, dacă se titrează acidul fosforic cu alcalii numai până la fosfat primar, iar echivalentul s-a calculat în mod mecanic ca fiind egal cu masa moleculară / 3, rezultatul determinării va fi de trei ori mai mic.

Pentru a realiza o soluție de o anumită normalitate sau de o anumită molaritate, se cântărește la balanța analitică cantitatea de substanță corespunzătoare unui echivalent-gram (molecule-gram) sau fracțiunile din acestea (E / 10; E / 20; E / 50; E / 100; M / 10; M / 20; M / 50; M / 100 etc.), se trec cantitativ, prin intermediul unei pâlnii, într-un balon cotat, se spală bine pâlnia și gâtul balonului, se agită pentru dizolvarea substanței și, după dizolvarea completă, se aduce volumul soluției la semn, se omogenizează și i se determină titrul.

Observație. Întrucât unele substanțe prin dizolvare absorb căldură iar altele degajă căldură, se lasă soluțiile preparate să ajungă la temperatura camerei și abia după aceea se completează volumul lor la semn și se omogenizează, prin agitarea baloanelor cotate (după astuparea lor cu dopul rodat). Aducerea la semn se face numai după dizolvarea totală a substanței!

2.3.7.1. Substanțe etalon (titrimetrice)

Substanțele etalon sunt substanțe perfect pure și stabile, de compoziție precis cunoscută, care nu sunt sensibile la aer și la umiditate, nu pierd apa de cristalizare și dau, prin simplă cântărire, dizolvare în baloane cotate și aducere la semn, soluții de normalitate (molaritate) exactă.

Asemenea substanțe servesc pentru stabilirea titrului altor soluții care cuprind substanțe ce nu pot fi cântărite direct, nefiind de compoziție stabilă, sau se află în soluții de concentrații necunoscute (Exemplu: NaOH, soluții de HCl, NH_3 etc.).

Pentru stabilirea titrului soluției care va servi ca reactiv, se cântăresc mai multe probe de substanță etalon (de aproximativ 0,2 – 0,3 g fiecare), se dizolvă într-un volum potrivit de apă distilată (30 – 40 ml) și se titrează cu soluția de determinat, în prezența unui indicator de culoare, până la virajul acestuia.

În titrările destinate stabilirii titrului soluțiilor se cere un plus de atenție, întrucât erorile de titrare vor afecta toate determinările ulterioare, în care se vor folosi soluțiile titrate incorect.

Pentru mărirea preciziei, la stabilirea titrului unei soluții se fac cel puțin trei titrări și – în final – se calculează media valorilor acestora sau media a două din valorile foarte apropiate ca mărime între ele (în cazul în care a treia valoare este diferită).

Observație. Soluțiile mai diluate decât 0,1*N* se prepară, de obicei, prin diluarea unui volum corespunzător și precis măsurat dintr-o soluție de normalitate mai mare, cu titrul cunoscut și, deci, acestor soluții nu mai este necesar să li se stabilească titrul cu ajutorul substanțelor etalon.

La stabilirea titrului soluțiilor acide se utilizează următoarele substanțe etalon (titrimetrice): Na_2CO_3 (masa echivalentă = 52,99 g); $KHCO_3$ (masa echivalentă = 100,12 g); oxalatul de sodiu (masa echivalentă = 67,002 g); boraxul (masa echivalentă = 190,68 g); acidul oxalic · $2H_2O$ (masa echivalentă = 63,035 g) etc.

2.3.7.2. Prepararea și titrarea soluțiilor de acizi

Soluțiile titrate de acizi se prepară din acizii concentrați procurați din comerț.

Tabelul 2.18. Unele caracteristici ale acizilor concentrați

Acidul	Masa		Densitatea [g/cm3]	Cantitatea de acid (g)	
	molară	echivalentă		în 100 g soluție	în 1000 ml soluție
Acid acetic	60,05	60,05	1,05	40,20	1044
Acid azotic	63,02	63,02	1,42	71,63	991
Acid clorhidric	36,47	36,47	1,19	38,32	443
Acid fosforic	98,00	32,67	1,53	71,04	1071
Acid sulfuric	98,08	49,04	1,84	95,60	1759
Acid boric	61,84	20,61			
Acid citric	210,14	70,05			
Acid oxalic	90,04	45,02	anhidru		
Acid oxalic	126,07	63,03	cu apă de cristalizare		

Pentru a prepara, de exemplu din acid clorhidric concentrat, o soluție 0,1 *N* de HCl, sunt necesare 3,65 g HCl gazos (1 *E* / 10 = 36,5 / 10). Această cantitate se va lua sub formă de soluție de acid clorhidric concentrat, dar nu prin cântărirea ei, ci sub forma unui volum calculat după cum urmează:

Din tabelul de mai sus se vede că 1 litru soluție de HCl concentrat, cu densitatea 1,19, conține 443 g HCl gazos și deci:

dacă 1000 ml ..... 443 g HCl gazos

x ml ..... 3,65 g HCl gazos

Rezultă că $x = \frac{3{,}65 \cdot 1000}{443} = 8{,}03$ ml solutie de HCl concentrat

Se vor măsura, așadar, 8 ml HCl concentrat cu un cilindru gradat, se vor introduce într-un balon cotat de 1000 ml, se va completa volumul la semn cu apă distilată și se va omogeniza soluția obținută. Această soluție nu este exact 0,1 *N* deoarece în timpul lucrului au loc pierderi de HCl din soluția concentrată, iar

măsurarea volumului soluției de HCl cu cilindrul este aproximativă. De aceea, soluția se titrează pentru a i se stabili exact concentrația. Pentru stabilirea titrului soluției de acid clorhidric se utilizează o substanță etalon (titrimetrică): Na_2CO_3, oxalat de sodiu, borax sau cu o soluție titrată de NaOH.

Tehnica de lucru în stabilirea titrului acidului clorhidric

Se introduce într-o fiolă de cântărire Na_2CO_3 anhidru și se cântărește cu precizie la balanța analitică. Apoi, se scoate capacul fiolei de cântărire și, aplecând-o deasupra paharului în care se va face titrarea, se răstoarnă, fără pierderi, o cantitate de cca. 0,20 – 0,25 g Na_2CO_3. Se astupă fiola și se cântărește din nou. Diferența celor două cântăriri reprezintă greutatea exactă a probei folosite pentru titrare. Aceasta se dizolvă în 40–50 ml apă distilată, se adaugă în soluția obținută 2–3 picături soluție de metiloranj și se titrează cu soluția de HCl aproximativ 0,1 *N* (preparată în modul descris mai sus) până la virajul indicatorului de la gaben la portocaliu. Se fierbe 2 minute soluția titrată pentru a îndepărta bioxidul de carbon (rezultat din descompunerea carbonatului) și, după răcire, dacă indicatorul a revenit la galben, se continuă titrarea până la portocaliu.

La titrare este indicat să se folosească o probă oarbă (care constă din apă distilată în care s-au introdus același număr de picături de indicator).

Pentru a asigura o precizie mai mare determinării titrului, se lucrează pe cel puțin 3 probe paralele, calculându-se, în final, o medie a celor 3 rezultate.

Calcularea concentrației acidului clorhidric (stabilirea titrului)

Pentru stabilirea titrului HCl se are în vedere faptul că reacția are loc de la echivalent la echivalent. Așadar,

$$E_{Na_2CO_3} \text{ ..... } E_{HCl}$$
$$a \text{ g ..... } v \cdot T$$

$$T = \frac{a \cdot E_{HCl}}{v \cdot E_{Na_2CO_3}}, \text{ in care:}$$

T – titrul soluției de HCl;

a – cantitatea de Na_2CO_3 anhidru folosită pentru determinare, în g;

E_{HCl} – echivalentul HCl = 36,465

$E_{Na_2CO_3}$ – echivalentul Na_2CO_3 = 106 / 2 = 53 g

v – volumul de soluție de HCl folosit la titrare (ml);

$$T = \frac{a \cdot 36{,}465}{v \cdot 53}$$

Presupunând, de exemplu, că s-au utilizat 0,2 g Na_2CO_3 iar la titrare s-au consumat 38,00 ml soluție de HCl (aproximativ 0,1 *N*), obținem:

$$T = \frac{0{,}2 \cdot 36{,}465}{38{,}0 \cdot 53} = \frac{7{,}293}{2014} = 0{,}003621\,\text{g / ml}$$

Pentru a stabili factorul soluției titrate de HCl se face raportul dintre titrul real (0,003621) și cel teoretic (0,0036465)

$$F = \frac{T_{real}}{T_{teoretic}} = \frac{0{,}0036211}{0{,}0036465} = 0{,}9930$$

Factorul volumetric nu trebuie să fie mai mic de 0,8 și nici mai mare de 1,2, motiv pentru care soluțiile care nu îndeplinesc această condiție se prepară din nou.

Observații:

- în mod similar se calculează volumele necesare realizării unor soluții de alte concentrații (normalități), atât pentru HCl cât și pentru ceilalți acizi concentrați aflați sub formă de soluție;
- pentru acizii care se află în stare de substanță cristalizată (boric, citric, oxalic etc), soluțiile de diferite concentrații se obțin prin dizolvarea directă într-un balon cotat a cantităților corespunzătoare de substanță, urmată de aducerea volumelor de soluții astfel obținute la semn, omogenizarea și stabilirea titrului acestora cu o substanță etalon sau cu soluții titrate de baze.

Dacă se folosește borax, ca substanță etalon, pentru titrarea HCl se adaugă ca indicator roșu de metil:

$$T = \frac{a \cdot 36{,}465}{v \cdot 190{,}72}$$

Când titrarea HCl se face cu o soluție titrată de NaOH:

$$E_{NaOH} \text{ ..... } E_{HCl}$$
$$v \cdot T \text{ ..... } v_1 \cdot T_1$$

de unde scoatem pe $T_1 = \frac{v \cdot T \cdot 36{,}465}{v_1 \cdot 40{,}005}$, in care:

v este volumul soluției de NaOH folosit la titrare (ml);
T – titrul soluției de NaOH;
T_1 – titrul soluției de HCl, pe care vrem să-l determinăm;
v_1 – volumul soluției de HCl care a fost titrat (ml).

2.3.7.3. Prepararea și titrarea soluțiilor de NaOH și KOH

Pentru dozarea acizilor tari și slabi, precum și a sărurilor cu hidroliză acidă, se folosesc soluții titrate de NaOH sau de KOH. Aceste soluții, însă, trebuie să fie

lipsite de carbonați deoarece, la titrarea acizilor, H_2CO_3 care rezultă poate influența determinarea.

O soluție de NaOH sau de KOH practic liberă de carbonați se prepară astfel: se cântăresc, de exemplu pentru o soluție 0,1 *N*, 5–6 g NaOH (KOH), se introduc într-un pahar de laborator și se spală repede de 2–3 ori cu apă distilată (în felul acesta se dizolvă și se îndepărtează pojghița de carbonat de la suprafața granulelor de hidroxid, care s-a format prin contactul acestora cu aerul), după care se dizolvă în 1000 ml apă distilată proaspăt fiartă și răcită (pentru îndepărtarea CO_2 din aceasta care poate influența titrarea). După omogenizarea soluției și răcirea ei la temperatura camerei, acesteia i se stabilește titrul cu ajutorul unei soluții etalon (titrimetrice): acid oxalic, biiodat de potasiu; acid ortoclorbenzoic (masa moleculară = 156,567). Mai frecvent este utilizat acidul oxalic care se neutralizează cu soluția de NaOH până la oxalat neutru, după reacția:

$$H_2C_2O_4 + 2NaOH = Na_2C_2O_4 + 2H_2O$$

Titrarea se face în prezența unui indicator din domeniul alcalin (fenolftaleină, albastru de timol sau tropeolină).

Practic: se cântărește 0,2 – 0,25 g $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$, se dizolvă într-un pahar de laborator în 30-40 ml apă distilată fiartă și răcită (lipsită de CO_2) și se titrează la rece, în prezență de fenolftaleină (3-4 picături de soluție) până la slab roz, cu soluție de NaOH liberă de carbonat, sau la 80°C, dacă soluția este carbonatată, în scopul îndepărtării CO_2.

Titrul soluției de NaOH va fi:

$$T = \frac{a \cdot 40{,}005}{v \cdot 63{,}034}, \quad \text{în care}$$

a este cantitatea de acid oxalic cântărită și folosită pentru titrare (g):

v – numărul de ml de soluție de NaOH consumată la titrarea soluției de acid oxalic.

După stabilirea titrului soluției de NaOH (KOH), se va calcula factorul acestei soluții, cu ajutorul căruia se vor corecta volumele consumate la diverse titrări (aceasta în cazul în care factorul este mai mare sau mai mic decât 1).

2.3.7.4. Prepararea și titrarea soluțiilor de permanganat

Pentru stabilirea titrului unei soluții de $KMnO_4$ se folosește ca substanță etalon (titrimetrică) una din următoarele substanțe chimic pure: $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$; $Na_2C_2O_4$; sare Mohr (sulfat dublu de fier și amoniu $FeSO_4 \cdot (NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$; soluții titrate de tiosulfat de sodiu etc.

Mai frecvent se utilizează în acest scop oxalatul de sodiu ($Na_2C_2O_4$). Ionul oxalat este un reducător și funcționează ireversibil:

$$C_2O_4^{2-} - 2\,e^- = 2CO_2 \; (E_0 = -0{,}50\ V)$$

Reacția care are loc în timpul titrării:

$$2KMnO_4 + 5H_2C_2O_4 + 3H_2SO_4 = 2MnSO_4 + 10CO_2 + K_2SO_4 + 8H_2O$$

Întrucât ionul oxalic pierde 2 electroni la oxidarea cu permanganat, în calcule se va ține seama că unui electron schimbat îi corespunde jumătate din masa moleculară a $Na_2C_2O_4$ (134,02 / 2 = 67,01 g) sau a acidului $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ (126,08 / 2 = 63,04 g).

În mediu puternic acid ($pH = 0$) echivalentul permanganatului de potasiu este $KMnO_4$ / 5, adică 158,038 / 5 = 31,607 g.

Pentru a obține, de exemplu, o soluție 0,1 *N* se cântăresc

$$\frac{1E}{10} = \frac{31,607}{10} = 3,1607 \text{ g (aproximativ 3,2 g)},$$

care se dizolvă și se aduce la un volum de 1000 ml, cu apă distilată. Soluția astfel obținută se menține timp de o oră pe o baie de apă, la fierbere. După răcire, se filtrează soluția printr-o pâlnie de sticlă poroasă sau printr-un creuzet filtrant (3G sau 4G), în scopul îndepărtării MnO_2 format din cauza substanțelor reducătoare (grăsimi de pe pereții vasului, substanțe organice etc.).

Se poate lucra și la temperatura obișnuită dar, în acest caz, soluția obținută prin dizolvarea $KMnO_4$ trebuie ținută timp de 7–8 zile la întuneric, după care se filtrează.

Soluției obținute în modul arătat mai sus, i se stabilește titrul.

Modul de lucru: se cântăresc 0,2 g acid oxalic și se dizolvă în cca. 100 ml apă distilată. Se adaugă apoi 10 ml H_2SO_4 1:1, se încălzește la 70–80°C și se titrează cu soluția de permanganat.

La început reacția decurge lent și de aceea se agită și nu se adaugă o nouă picătură de permanganat decât după ce soluția din pahar se decolorează. Odată cu apariția sării de Mn^{2+}, oxidarea acidului oxalic se petrece cu viteză mare și, de aceea, se titrează în ritm obișnuit, până la slab roz, persistent. Dacă în decursul titrării apare un precipitat de MnO_2, se va acidula soluția cu o cantitate mai mare de H_2SO_4 1:1.

Titrul soluției de permanganat va fi:

$$T_{KMnO_4} = \frac{a \cdot 31,607}{v \cdot 63,033} \text{ în care:}$$

a este cantitatea de acid oxalic cântărită, dizolvată și titrată cu permanganat, în g;

v – numărul de ml de soluție de $KMnO_4$ consumați la titrare.

Observații:

- în mediu puternic acid $Mn^{7+} \longrightarrow Mn^{2+}$, se întrebuințează numai H_2SO_4 pentru acidulare, întrucât HNO_3 este oxidant (și am avea 2 oxidanți), iar HCl este reducător;
- reacția dintre ionul oxalic $C_2O_4^{2-}$ și ionul MnO_4^- decurge foarte încet și, de aceea, pentru accelerarea procesului de oxidare, se încălzește soluția

de titrat la 70–80°C (dar nu mai mult de această temperatură, întrucât la fierbere soluția de $KMnO_4$ degajă oxigen, iar soluția de acid oxalic se poate descompune, conform reacției: $H_2C_2O_4 \longrightarrow CO_2 + CO + H_2O$;

- în soluție neutră, echivalentul $KMnO_4$ este

$$\frac{KMnO_4}{3} = \frac{158{,}038}{3} = 52{,}679 \text{ g}$$

iar în mediu alcalin $= \frac{158{,}038}{1} = 158{,}038.$

2.3.7.5. Prepararea și titrarea soluțiilor de bicromat

Obținerea unei soluții de bicromat de potasiu se face prin simpla dizolvare în apă a substanței.

Pentru obținerea unei soluții de bicromat cu titrul cunoscut se poate proceda fie la dizolvarea unei cantități calculate de bicromat de potasiu (substanță etalon), în prealabil uscată la 120 – 130°C, până la masă și constantă, și răcită în exsicator, fie prin titrarea unei soluții de bicromat.

$$\text{Echivalentul bicromatului de potasiu} = \frac{K_2Cr_2O_7}{6} = \frac{294{,}21}{6} = 49{,}032$$

Pentru o soluție 0,1 *N*, de exemplu, se vor cântări 4,9032 g bicromat și, după dizolvare, se va aduce volumul soluției la 1000 ml, cu apă distilată, într-un balon cotat.

Stabilirea titrului soluției de bicromat cu Sare Mohr

În mediu de H_2SO_4 sau de HCl sărurile feroase sunt oxidate de către bicromat după reacția:

$$6FeSO_4 + K_2Cr_2O_7 + 7H_2SO_4 = 3Fe_2(SO_4)_3 + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 7H_2O$$

Modul de lucru: se introduc într-un pahar de laborator 1–1,5 g Sare Mohr (masa echivalentă = 392,14 g) peste 50 ml soluție de acid sulfuric 1*N*, se adaugă 5 ml H_3PO_4 concentrat și se titrează cu soluția de bicromat de potasiu, în prezența indicatorului difenilamină (3–4 picături soluție), până la albastru persistent. Titrul soluției de bicromat va fi:

$$T = \frac{a \cdot 49{,}032}{v \cdot 392{,}139} \quad \text{unde:}$$

v este numărul de mililitri soluție de bicromat întrebuințată la titrare;

a – cantitatea de sare Mohr luată în lucru, în g.

2.3.7.6. Prepararea și titrarea soluțiilor de iod

Iodul este greu solubil în apă și, de aceea, se dizolvă într-o soluție de KI sau NaI, cantitatea de iodură de potasiu sau de sodiu fiind de circa 2 ori mai mare decât cea de iod.

Pentru prepararea unei soluții de iod 0,1 *N*, se dizolvă aproximativ 12,7 g iod pur (sublimat de 2–3 ori) într-o soluție de 250 ml apă conținând cca. 40 g KI. Se agită până se dizolvă tot iodul și apoi se diluează la 1000 ml, cu apă distilată, într-un balon cotat. Se omogenizează și se păstrează într-o sticlă brună cu dop rodat, la întuneric.

Stabilirea titrului soluției de iod cu o soluție titrată de tiosulfat de sodiu

Într-un flacon Erlenmeyer se introduce un volum exact măsurat de soluție de iod (25-30 ml), se diluează cu încă 25-30 ml apă distilată și se titrează cu o soluție de tiosulfat de sodiu 0,1 *N* până când culoarea brună a iodului virează la galben-pai. Se adaugă apoi 5 ml soluție de amidon 1% și se continuă titrarea până la virajul culorii din albastru la incolor (o picătură de tiosulfat în exces, decolorează net soluția).

Soluția de amidon nu se adaugă de la început, deoarece nu am avea indicații asupra apropierii sfârșitului titrării.

În timpul titrării are loc reacția:

$$2Na_2S_2O_3 + J_2 \longrightarrow NaJ + Na_2S_4O_6$$

$$2S_2O_3^{2-} \xrightarrow{-2e^-} S_4O_6^{2-}$$

Observație: La titrarea iodului cu tiosulfat, un rol deosebit îl are *p*H-ul soluției; pentru soluțiile 0,1 *N* titrarea se face în soluții acide până la foarte slab alcalin (*p*H 7,6).

Titrul soluției de iod va fi:

$$T = \frac{v_1 \cdot T_1}{v}$$

în care v_1 este numărul de mililitri soluție de tiosulfat folosiți la titrare;

T_1 – titrul soluției de tiosulfat;

v – numărul de mililitri de iod, soluție luată în lucru.

2.3.7.7. Prepararea și titrarea soluțiilor de tiosulfat

Echivalentul-gram al tiosulfatului de sodiu este $\frac{Na_2S_2O_3}{1} = \frac{248,22}{1} = 248,22$ g.

Pentru o soluție 0,1 *N*, de exemplu, se cântăresc 24,822 g tiosulfat și se dizolvă în apă distilată fiartă și răcită. Se adaugă 0,2 g Na_2CO_3 și se aduce volumul soluției la 1000 ml, într-un balon cotat, cu apă distilată fiartă și răcită. Se omogenizează soluția, se lasă 2 ore în repaus, după care i se stabilește titrul cu o soluție titrată de iod sau cu bicromat de potasiu (substanță titrimetrică).

Stabilirea titrului soluției de tiosulfat cu bicromat de potasiu

Se cântăresc 3 probe a câte 0,15–0,20 g bicromat de potasiu p.a., se dizolvă în câte 50 ml apă distilată, se adaugă câte 2-3 g KI chimic pură și câte 15 ml HCl 2*N* în fiecare din cele 3 probe paralele, se acoperă flacoanele cu probe și se lasă în repaus, la întuneric, timp de 5–10 minute, după care se diluează cu câte 250 ml apă distilată și se titrează cu tiosulfat de sodiu, în prezența amidonului ca indicator, până la virajul acestuia de la albastru la incolor. Are loc reacția:

$$K_2Cr_2O_7 + 6KI + 14HCl = 3I_2 + 8KCl + 2CrCl_3 \qquad (1)$$

Practic,se titrează iodul pus în libertate în cadrul reacției de mai sus.

Pentru calcularea titrului tiosulfatului, trebuie mai întîi să calculăm cantitatea de iod *a* care rezultă din reacția 1:

E_{I_2} ..... $E_{K_2Cr_2O_7}$

a (grame) ..... a_1 (grame)

$$a = \frac{a_1 \cdot 126{,}91}{49{,}04}$$

în care: a_1 este cantitatea de bicromat de potasiu (g), luată în lucru;
126,91 – masa echivalentă a iodului;
49,04 – masa echivalentă a bicromatului.

Cunoscând cantitatea de iod, putem calcula titrul tiosulfatului, după cum urmează:

$E_{Na_2S_2O_3}$ ..... E_{I_2}

$v \cdot T$ ..... *a*

$$T_{Na_2S_2O_3} = \frac{a \cdot 248{,}22}{v \cdot 126{,}91}$$

în care: *v* este numărul de mililitri de soluție de tiosulfat, utilizați la titrare;
a – cantitatea de iod (g) pusă în libertate în cadrul reacției 1;
248,22 – masa echivalentă a tiosulfatului de sodiu;
126,91 – masa echivalentă a iodului.

Observație. Soluția de tiosulfat se păstrează în vase etanș închise, ferite de lumină (sticle brune), deoarece CO_2 din aer descompune încet tiosulfatul, cu depunere de sulf:

$$Na_2S_2O_3 + CO_2 + H_2O = NaHCO_3 + NaHSO_3 + S,$$

reacția fiind accelerată la lumină. De asemenea, oxigenul din aer duce la descompunerea tiosulfatului.

2.3.7.8. Prepararea și titrarea soluțiilor de bromat

Pentru obținerea unei soluții de bromat cu titrul cunoscut se poate pleca de la

bromatul de sodiu, care este o substanță titrimetrică (etalon) cu greutatea echivalentă=

$$=\frac{KBrO_3}{6}=27{,}836\,g$$

O soluție 0,1 *N*, de exemplu, se prepară prin dizolvarea în apă distilată a unei cantități de 2,7836 g bromat de potasiu și diluarea la 1000 ml, într-un balon cotat.

Stabilirea titrului soluției de bromat se face cu o soluție titrată de tiosulfat de sodiu.

Modul de lucru. Din soluția de bromat de concentrație aproximativ 0,1 *N*, preparată în modul arătat, se pipetează în fiecare 3 flacoane Erlenmeyer câte 20–30 ml, se adaugă câte 10 ml soluție de KI (care conține 1,5–2,0 g substanță), apoi HCl concentrat sau H_2SO_4, astfel, încât soluția să devină aproximativ 1*N* în acid. Are loc reacția:

$$KBrO_3 + 6KI + 6HCl = KBr + 3I_2 + 6KCl + 3H_2O \qquad (1)$$

$$Br^{5+} + 6e^- = Br^-$$

$$2I^- - 2e^- \longrightarrow I_2$$

Iodul rezultat se titrează cu tiosulfat, în prezența amidonului ca indicator, pînă la virajul culorii acestuia de albastru la incolor.

$$2Na_2S_2O_3 + I_2 \longrightarrow 2NaI + Na_2S_4O_6 \qquad (2)$$

$$2S_2O_3^{2-} - 2e^- \longrightarrow S_4O_6$$

Pentru calcularea titrului soluției de bromat, este necesar să calculăm, în prealabil, cantitatea de iod care a rezultat din reacția 1 :

$$E_{I_2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots E_{Na_2S_2O_3}$$

$$a \text{ (grame)} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots n \cdot T$$

cantitatea de iod $a=\frac{n\cdot T\cdot 126{,}91}{248{,}22}$ în care:

n și T sunt normalitatea și titrul tiosulfatului;

126,91 – greutatea echivalentă a iodului;

248,22 – greutatea echivalentă a tiosulfatului.

Cunoscând cantitatea de iod a, se calculează titrul soluției de bromat astfel:

$$E_{KBrO_3} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots E_{I_2}$$

$$v \cdot T \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots a$$

$$T_{KBrO_3}=\frac{2\cdot E_{KBrO_3}}{v\cdot E_{I_2}}=\frac{2\cdot 27{,}836}{v\cdot 126{,}91}$$, în care:

a este cantitatea de iod calculată în modul descris mai sus;

v – numărul de mililitri de soluție de bromat luată în lucru.

2.3.7.9. Prepararea și stabilirea titrului soluției de iodat

Pentru obținerea unei soluții de iodat cu titrul cunoscut se poate folosi iodatul de potasiu (KIO_3), standard primar, sau biiodatul de potasiu ($KIO_3 \cdot HIO_3$), standard primar. Când este necesar,se stabilește titrul soluțiilor de iodat cu substanțe etalon (titrimetrice) : As_2O_3 și $N_2H_4 \cdot H_2SO_4$.

a. *Stabilirea titrului soluției de iodat cu As_2O_3*

Se cântăresc 0,10 – 0,15 g As_2O_3 (resublimat și uscat în prealabil la 105 – – 110 °C), se aduce într-un flacon de sticlă cu dop rodat, se adaugă în același flacon o soluție de $NaHCO_3$ 10% care conține și Na_2CO_3 și se dizolvă pe baia de apă. Se acidulează cu acid clorhidric concentrat până la o concentrație 3 -4 *N*, se adaugă apoi 5 ml cloroform sau tetraclorură de carbon și se titrează cu soluția de iodat până la trecerea culorii solventului de la violet (I_2) la galben deschis (ICl). Spre sfârșitul titrării se titrează cu picătura și se agită de fiecare dată 5 – 10s. Are loc reacția:

$$2AsCl_3 + KIO_3 + 6HCl = 2AsCl_5 + ICl + KCl + 3H_2O$$

Titrul soluției de iodat se calculează cu formula:

$$T = \frac{a \cdot 53{,}501}{v \cdot 49{,}460}$$

în care:

a este cantitatea, în grame, de As_2O_3 luată în lucru;

v – volumul soluției de iodat, în mililitri, consumat la titrare.

b. *Stabilirea titrului soluției de iodat cu soluție de sulfat de hidrazină*

Soluția de sulfat de hidrazină ($N_2H_4 \cdot H_2SO_4$) care conține o cantitate cunoscută de substanță se acidulează cu HCl până la o concentrație de 1*N*, după care se adaugă 6 – 8 ml KCN 0,5 *n* și se titrează cu soluția de iodat, în prezență de amidon, până la decolorarea soluției. Are loc reacția:

$$N_2H_4 \cdot H_2SO_4 + KIO_3 + HCN + HCl = N_2 + ICN + H_2SO_4 + 3H_2O + KCl$$

Titrul soluției de iodat se calculează cu formula:

$$T = \frac{a \cdot 53{,}501}{v \cdot 32{,}531}$$

în care *a* și *v* au semnificațiile arătate mai sus.

2.3.7.10. Prepararea și stabilirea titrului soluțiilor de vanadat

Soluțiile de vanadat cu titrul cunoscut se pot obține prin dizolvarea în apă distilată a unor cantități precis cântărite de metavanadat de amoniu (standard primar) – substanță ce poate atinge o puritate satisfăcătoare, prin recristalizare din apă. În lipsa acestei substanțe se pot folosi $NaVO_3$ sau KVO_3, cu mențiunea că soluțiilor obținute trebuie să li se determine titrul, în care scop se utilizează o sare feroasă

(standard secundar), ca Sarea Mohr (M = 392,139) sau sulfatul dublu de fier (II) și etilendiamoniu, $C_2H_4(NH_2)_2 \cdot H_2SO_4 \cdot FeSO_4 \cdot 4H_2O$. ($M$ = 382,147)

Se măsoară cu exactitate un volum de soluție care conține 0,05 – 0,1 g vanadat, se adaugă 25 ml H_3PO_4 25% și o picătură de soluție 1% de indicator redox (acid N-fenilantranilic în apă, difenilamină sau difenilbenzidină în H_2SO_4 concentrat), după care se titrează cu soluție de sare feroasă până la trecerea culorii de la albastru-violet la verde deschis. Are loc reacția:

$$VO_3^- + Fe^{2+} + 4H^+ : Fe^{3+} + VO^{2+} + 2H_2O$$

Titrul soluției de vanadat, exprimat în VO_3^-, se calculează după relația:

$$T = \frac{v_1 \cdot T_1 \cdot 98{,}940}{v \cdot 392{,}139}, \text{ în care:}$$

v este volumul soluției de vanadat, în mililitri;

v_1 – volumul soluției de Sare Mohr, în mililitri, consumat la titrare;

T_1 – titrul soluției de Sare Mohr.

Observație. Se poate lucra și în felul următor: soluției de sare feroasă (standard) i se adaugă H_2SO_4 până la o concentrație de 4 – 5 normal, după care aceasta se titrează cu o soluție de vanadat în prezență de acid N-fenilantranilic (o picătură de soluție apoasă 1%) până la trecerea culorii de la verde deschis la albastru-violet. Dacă se lucrează cu Sare Mohr, titrul soluției de vanadat, exprimat în VO_3^- va fi calculat cu relația:

$$T = \frac{a \cdot 98{,}940}{v \cdot 392{,}139}$$

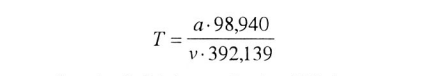
în care: v este volumul soluției de vanadat, în mililitri;

a – cantitatea de Sare Mohr, în grame.

Soluția de vanadat este stabilă timp foarte îndelungat.

2.3.7.11. Prepararea și stabilirea titrului soluțiilor de complexon III

Complexonul III este sarea disodică a acidului etilendiamino-tetraacetic și are următoarea formulă chimică:



Masa moleculară a substanței, cu apă de cristalizare = 372,24 g.

Masa moleculară a substanței, fără apă de cristalizare = 336,21g.

Pentru a prepara, de exemplu, un litru de soluție de complexon III de concentrație 0,01 M se dizolvă într-un balon cotat de 1000 ml, cu apă distilată, cantitatea corespunzătoare de substanță (3,7224 g), după care se completează volumul soluției la semn. Dacă este necesar, soluției i se poate stabili titrul cu

ajutorul mai multor substanțe etalon (standarde secundare), și anume: $MgSO_4 \cdot 7H_2O$; $Mg(CH_3{-}COO)_2 \cdot 4H_2O$; $Mg(IO_3)_2$; $CaCO_3$; ZnO; Cu; Zn; Bi etc.

Cuprul, bismutul și trioxidul de bismut (Bi_2O_3) se dizolvă într-o cantitate minimă de acid azotic, pe baie de apă, după care se trec cantitativ în baloane cotate și se diluează cu apă distilată până la semn. Zincul, oxidul de zinc și carbonatul de calciu se dizolvă într-o cantitate minimă de acid clorhidric, apoi se trec cantitativ în baloane cotate și se diluează la semn cu apă distilată.

Soluției de complexon III preparată în modul descris mai sus i se stabilește titrul după cum urmează: dacă se lucrează cu soluții etalon de Mg^{2+} sau de Zn^{2+}, soluția etalon se neutralizează cu NaOH, după care se aduce la $pH = 10$ cu ajutorul unei soluții tampon $NH_4Cl + NH_3$ (70 g NH_4Cl + 570 ml amoniac soluție cu $d = 0{,}90$ și apă distilată până la 1000 ml). Se adaugă un vârf de spatulă amestec eriocrom negru T + NaCl (în proporție de 1:500) și se titrează ci soluția de complexon III până la trecerea culorii de la roșu la albastru net. Titrul soluției de complexon III va fi:

$$T = \frac{a \cdot 336{,}21}{v \cdot 24{,}305} \quad \text{(pentru } Mg^{2+}\text{) și}$$

$$T = \frac{a \cdot 336{,}21}{v \cdot 65{,}37} \quad \text{(pentru } Zn^{2+}\text{)}$$

în care: a este cantitatea de Mg și respectiv de Zn, în grame;
v – volumul soluiei de complexon III consumat la titrare, în mililitri.

În afară de magneziu și de zinc, soluțiile de complexon III sunt utilizate la dozarea complexometrică a calciului, cadmiului, mercurului, plumbului, manganului, nichelului, cobaltului, aluminiului, bismutului, fierului, vanadiului, zirconiului, titaniului, stronțiului, bariului, cromului, argintului, molibdenului, uraniului, sodiului, potasiului.

1 ml sol. 0,01 ml de complexon III corespunde la: 0,2431 mg Mg; 0,4008 mg Ca; 0,6537 mg Zn; 1,124 mg Cd; 2,0059 mg Hg; 2,0719 mg Pb; 0,5494 mg Mn; 0,5871 mg Ni; 0,5893 mg Co; 0,5396 mg Al; 2,0898 mg Bi; 1,1169 mg Fe; 1,8244 mg Zr; 0,9580 mg Ti; 0,8762 mg Sr; 1,3734 mg Ba; 0,5094 mg V; 2,1574 mg Ag.

Observație. Dacă soluția de analizat conține elementul de dozat în concentrație prea mică, titrarea cu complexon III nu este suficient de exactă. În acest caz se adaugă în proba de analizat un volum precis măsurat dintr-o soluție titrată a altui element care se determină complexometric și se titrează suma celor două elemente. De exemplu, pentru dozarea cantităților foarte mici de Mg se adaugă în proba de analizat un volum de soluție titrată de $ZnSO_4$ și se titrează la 30 ... 40°C, suma $Zn^{2+} + Mg^{2+}$.

Un viraj și mai net se obține dacă se folosește un amestec de indicatori, ca de exemplu: eriocrom negru T + metiloranj; eriocrom negru T + galben de dimetil.

Atenție! Soluțiile foarte diluate (10^{-3} *M*) de complexon III își schimbă titrul dacă sunt păstrate în vase de sticlă „moale" din cauza reacției cu ionii de calciu din sticlă. Variația titrului soluțiilor mai concentrate decât 10^{-2} *M* este neînsemnată. Cu toate acestea, se recomandă păstrarea soluțiilor de complexon III în vase de polietilenă.

Tabelul 2.19. Constantele de stabilitate (K_s) ale unor complexonați derivând de la complexonul III

Cationul	Complexonatul	K_s	Cationul	Complexonatul	K_s
Ag^+	AgY^{3-}	$2{,}00 \cdot 10^{7}$	Hg^{2+}	HgY^{2-}	$6{,}31 \cdot 10^{21}$
Al^{3+}	AlY^-	$1{,}35 \cdot 10^{16}$	In^{3+}	InY^-	$7{,}94 \cdot 10^{14}$
Ba^{2+}	BaY^{2-}	$5{,}76 \cdot 10^{7}$	La^{3+}	LaY^-	$3{,}16 \cdot 10^{15}$
Be^{2+}	BeY^{2-}	$1{,}00 \cdot 10^{17}$	Mg^{2+}	MgY^{2-}	$4{,}90 \cdot 10^{8}$
Bi^{3+}	BiY^-	$8{,}71 \cdot 10^{27}$	Mn^{2+}	MnY^{2-}	$6{,}71 \cdot 10^{13}$
Ca^{2+}	CaY^{2-}	$5{,}01 \cdot 10^{10}$	Ni^{2+}	NiY^{2-}	$4{,}17 \cdot 10^{18}$
Cd^{2+}	CdY^{2-}	$2{,}88 \cdot 10^{16}$	Pb^{2+}	PbY^{2-}	$1{,}10 \cdot 10^{18}$
Ce^{3+}	CeY^-	$1{,}12 \cdot 10^{16}$	Pd^{2+}	PdY^{2-}	$3{,}16 \cdot 10^{18}$
Co^{2+}	CoY^{2-}	$2{,}04 \cdot 10^{16}$	Sc^{3+}	ScY^-	$1{,}26 \cdot 10^{23}$
Co^{3+}	CoY^-	$5{,}01 \cdot 10^{40}$	Sr^{2+}	SrY^{2-}	$4{,}27 \cdot 10^{8}$
Cr^{3+}	CrY^-	$1{,}00 \cdot 10^{23}$	Th^{4+}	ThY	$1{,}59 \cdot 10^{23}$
$CrOH^{2+}$	$CrOHY^{2-}$	$3{,}98 \cdot 10^{7}$	Ti^{3+}	TiY^-	$5{,}01 \cdot 10^{17}$
$Cr(OH)_2^+$	$Cr(OH)_2Y^{3-}$	$1{,}00 \cdot 10^{10}$	Ti^{4+}	TiY	$2{,}00 \cdot 10^{21}$
Cu^{2+}	CuY^{2-}	$6{,}31 \cdot 10^{18}$	TiO^{2+}	$TiOY^{2-}$	$2{,}00 \cdot 10^{17}$
Fe^{2+}	FeY^{2-}	$2{,}14 \cdot 10^{14}$	Ti^+	Ti^{3-}	$6{,}31 \cdot 10^{5}$
Fe^{3+}	FeY^-	$1{,}26 \cdot 10^{25}$	V^{3+}	VY^-	$7{,}94 \cdot 10^{25}$
$FeOH^{2+}$	$FeOHY^{2-}$	$3{,}16 \cdot 10^{7}$	VO^{2+}	VOY^{2-}	$5{,}89 \cdot 10^{18}$
$Fe(OH)^{2+}$	$Fe(OH)_2Y^{3-}$	$2{,}51 \cdot 10^{9}$	VO^{2+}	VO_2Y^{3-}	$1{,}18 \cdot 10^{7}$
Ga^{3+}	GaY^-	$2{,}00 \cdot 10^{20}$	Zn^{2+}	ZnY^{2-}	$3{,}16 \cdot 10^{16}$
Hf^{4+}	HfY	$1{,}59 \cdot 10^{19}$	Zr^{4+}	ZrY	$7{,}94 \cdot 10^{19}$

Tabelul 2.20. Reactivi de mascare la titrările complexometrice cu complexon III.

Reactivul de mascare	Indicatorul	*p*H-ul	Ionii de mascat	Ionii de titrat	Observații
Acid ascorbic	Verde de pirocatechină	2,5	Cu^{2+}, Hg^{2+}, Fe^{3+}	Bi^{3+}, Th(IV)	
Acid ascorbic + KCN	Eriocrom negru T	10	Fe^{3+}, și alți ioni mascați de KCN	Mn^{2+}, Pb^{2+}, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}	
Acid ascorbic + KI, sau	PAN: 1-(2-piridil-azo)-	5-6	Cu^{2+}, Hg^{2+}	Zn^{2+}	
Acid ascorbic + KSCN	-2-naftol				
Citrat	PAN: 1-(2-piridil-azo)- -2-naftol	5-6	UO_2^{2+}, Th(IV), Sn^{2+}	Zn^{2+}	
Cianură	Negru de eriocrom T	10	Cu^{2+}, Co^{2+}, Hg^{2+}, Ni^{2+}, Zn^{2+}, Ca^{2+}, Pt^{2+}, Pd^{2+}, Ag^{+}, Tl^{3+}	Ca^{2+}, Mg^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}, Pb^{2+}, Mn^{2+}, In^{3+}, pământuri rare, Ga^{3+}	Adaosul de formaldehidă sau cloral anulează mascarea Cd^{2+} și Zn^{2+}
Dietil-ditio-carbamat	Negru de eriocrom T	10	Hg^{2+}, Pb^{2+}, Cu^{2+}, Pd^{2+}, Bi^{3+}	Zn^{2+}, Mn^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}	
2,3-Dimercaptopropanol (dimercaprol, dicapol, BAL)	Negru eriocrom T	10	Hg^{2+}, Cd^{2+}, Zn^{2+}, Pb^{2+}, Bi^{2+}, Ag^{+}, As^{3+}, Sb^{3+}, Sn(IV)	Ca^{2+}, Mg^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}, (precum și Mn^{2+} în prezența hidroxilaminei și trietanolaminei).	Cu^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Mn^{2+} și Fe^{3+} doar în cantități mici, deoarece complecșii lor cu agentul de mascare sunt puternic colorați

Reactivul de mascare	Indicatorul	*p*H-ul	Ionii de mascat	Ionii de titrat	Observații
Fluorură	PAN PAN	6	Be^{2+}, Nb(V), Ta(V), Ti(VI)	Cu^{2+}, Zn^{2+}	
Fluorură	Pirocatechină	6	Al^{3+}, Ti(IV)	Cu^{2+}, Fe^{3+} (prin retitrare)	
Fluorură	Negru de eriocrom T	10	Al^{3+}, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}, pământuri rare	Zn^{2+}, Cd^{2+}, Mn^{2+}, Ni^{2+} și Co^{2+} (prin retitrare)	
Formaldehidă sau acid formic	Verde de pirocatechină	2,5	Hg^{2+}	Bi^{3+}, Th(IV)	
Iodură	PAN	5–6	Hg^{2+}, Cu^{2+}, Tl^{3+},	Zn^{2+}	
Oxalat	Violet de pirocatechină	2	Sn^{2+}, pământuri rare	Bi^{3+}	
Pentadion-2,4	Metoda-potențiometrică	7	Al^{3+}, UO_2^{2+}	La^{3+}, pământuri rare, Zn^{2+}	
Perhidrol	Negru de eriocrom T	10	Ti(IV), UO_2^{2+}	Zn^{2+}, Mg^{2+}	
Sulfosalicilat	Metoda potențiometrică	4,5	UO_2^{2+}, Al^{3+}	pământuri rare, Y^{3+}, Th(IV)	
Tartrat	PAN	5–6	UO_2^{2+}, Sb^{3+}	Zn^{2+}, Ca^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Cu^{2+}, pământuri rare	
Tartrat	Metoda potențiometrică	7	Mo(IV), Nb(V), Sb^{3+}, W(VI), UO_2^{2+}	Zn^{2+}, Ca^{2+}, Cu^{2+}, Hg^{2+}, Pb^{2+}	
Tiomalat	Violet de pirocatechină	3	Fe^{3+}, Bi^{3+}	Th(IV)	
Tiouree	PAN	5–6	Cu^{2+}, Hg^{2+},	Zn^{2+}	
Tiosemicarbazidă	PAN	5	Cu^{2+}, Hg^{2+}	Zn^{2+}, Cd^{2+}, Pb^{2+}	

Reactivul de mascare	Indicatorul	*p*H-ul	Ionii de mascat	Ionii de titrat	Observații
Tiosulfat	PAN	6	Cu^{2+}	Zn^{2+}, Cd^{2+}, Ni^{2+}	
Trietanolamină	Negru de eriocrom T	10	Cu^{2+}, Fe^{3+}, Sn(IV)	Mg^{2+}, Zn^{2+}, Cd^{2+}, Mn^{2+} în prezența acidului ascorbic, Pb^{2+}, pământuri rare	
Unitiol (2,3-dimercapto-	Murexid	11-12	Al^{3+}, Fe^{3+}, Mn(III)	Ca^{2+}, Ni^{2+}, Ca^{2+},	
propanol sulfonat de sodiu	Negru de eriocrom T	10-11	Zn^{2+}, Cd^{2+}, Hg^{2+}, Pb^{2+}, Sn(IV), As(V), Sb(III), Sb(V), Bi^{3+}, Ag^{+}	Mg^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}	

2.3.7.12. Prepararea soluțiilor titrate de azotat de argint

Soluțiile de azotat de argint se folosesc pentru titrarea anionilor, în metodele titrimetrice bazate pe reacții cu formare de precipitate.

Pentru obținerea unei soluții cu titrul cunoscut de $AgNO_3$ (masa echivalentă = 169,873) se folosesc mai multe metode, și anume:

1. Se cântărește o anumită cantitate de argint metalic chimic pur, funcție de normalitatea și volumul soluției pe care dorim să o preparăm, se aduce într-un pahar de laborator și se dizolvă în HNO_3 cu densitatea 1,20 și liber de clor. Dizolvarea se continuă pe baie de apă, unde se menține paharul până când soluția se evaporă aproape de uscare, în scopul îndepărtării totale a oxizilor de azot rezultați din reacția de dizolvare a argintului ($3Ag + 4HNO_3 = 3AgNO_3 + NO + 2H_2O$). După răcire se trece cu apă cantitativ într-un balon cotat cu volumul V și se aduce cu apă distilată la semn.
2. Se cântărește o anumită cantitate de azotat de argint, se trece cantitativ cu apă distilată într-un balon cotat și, după dizolvarea completă, se aduce la semn.

Observație: Azotatul de argint comercial nu întrunește în general condițiile unei substanțe titrimetrice, întrucât conține unele impurități (argint metalic, substanțe organice etc.) și apă (0,1 – 0,2 %). Din acest motiv, substanța trebuie purificată.

Pentru îndepărtarea apei este necesară încălzirea acesteia la temperatura de topire (208°C). Topirea se efectuează la adăpost de praf și la o temperatură care nu trebuie să depășească 250°C. După răcirea în exsicator, substanța poate fi utilizată.

Pentru purificarea de alte impurități, substanța se recristalizează de 2 – 4 ori din apa acidulată cu acid azotic. În cele din urmă, se evapora la uscare pe baia de apă, apoi se topește pentru îndepărtarea apei.

3. Soluțiile de azotat de argint preparate în modurile descrise mai sus se titrează cu NaCl sau cu KCl. Clorura de sodiu (masa echivalentă = 58,443) sau cea de potasiu (masa echivalentă = 74,555), chiar sub formă de substanțe chimice pure, nu pot fi folosite direct pentru titrarea azotatului de argint întrucât conțin apă. În scopul eliminării apei, clorura se încălzește într-o capsulă sau într-un creuzet, la temperatura de 500 – – 600°C, până la masă constantă. Din substanța astfel preparată se cântărește o anumită cantitate a, se dizolvă în apă distilată, se transvazează cantitativ într-un balon cotat și se aduce la semn.

Clorura de sodiu sau cea de potasiu comercială se purifică prin precipitare din soluție saturată cu HCl concentrat sau mai bine gazos. După depunerea clorurii, se filtrează, se spală de 2 – 3 ori cu apă distilată, după care se usucă și se deshidratează complet prin calcinare la 500 – 600°C.

Din balonul cotat în care s-a preparat soluția de clorură de sodiu sau de clorură

de potasiu, se pipetează o cotă-parte de soluție și se titrează cu solutia de azotat de argint, în prezența unui indicator:

a) *în prezența cromatului de potasiu, ca indicator* (metoda Mohr). Se adaugă în soluția de NaCl sau de KCl 1 ml dintr-o soluție 10% de K_2CrO_4 și se titrează cu soluție de azotat de argint, sub agitare puternică. Sfârșitul titrării este pus în evidență de formarea unui cromat de argint, de culoare cărămizie, care se răspândește în toată masa lichidului. Soluția nu trebuie să fie acidă, întrucât în acest caz precipitatul de Ag_2CrO_4, format cu excesul de $AgNO_3$, s-ar dizolva; de asemenea, soluția nu trebuie să fie prea bazică, deoarece în acest caz ar precipita Ag_2O. Din aceste motive, se lucrează la valori de *p*H cuprinse între 6 și 10.

b) *în prezența indicatorilor de absorbție*. Soluția de NaCl sau de KCl se diluează cu apă distilată până la o concentrație de aproximativ $5 \cdot 10^{-2}$ m, se aduce la *p*H = 6,5 – 10,5 și – în prezența soluției de fluoresceină 1% (3 – 5 picături), se titrează cu azotat de argint până când precipitatul de AgCl se colorează în roz. Se lucrează la lumină difuză.

Titrul soluției de azotat de argint se calculează după relația:

$$T = \frac{a \cdot 169,873}{v \cdot 58,443} \quad \text{(la titrarea soluției de NaCl);}$$

$$T = \frac{a \cdot 169,873}{v \cdot 74,555} \quad \text{(la titrarea soluției de KCl),}$$

în care: a este cantitatea de NaCl sau de KCl, în grame,
v – volumul soluției de azotat de argint consumat la titrare, în mililitri.

2.3.8. Prepararea unei soluții de o anumită concentrație (densitate) dintr-o altă soluție de concentrație (densitate) cunoscută

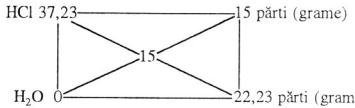
Pe lângă soluțiile uzuale de reactiv care pot fi procurate din comerț, în analizele chimice mai sunt necesare și alte soluții; acestea se prepară în laborator, de regulă prin diluarea primelor cu apă distilată.

Uneori, volumele de soluție existentă și de apă distilată care urmează a fi amestecate în vederea obținerii concentratiei (densității) dorite se iau direct din tabele (vezi, de exemplu, tabelele 2.53 și 2.54).

Alteori, aceste volume se stabilesc prin calcule, utilizîndu-se mai frecvent în acest scop:

1. Regula dreptunghiului

Exemplu: Dintr-o soluție concentratie de acid clorhidric (c = 37,23%; d = 1,19) se cere să se prepare alte doua solutii: una de concentrație 15%, iar alta cu densitatea 1,12 (în ambele cazuri fiind necesare câte 1000 ml solutie).



În colțul din stânga-sus al dreptunghiului se trece concentrația soluției de HCl existente (37,23%), la intersecția diagonalelor dreptunghiului se trece concentrația soluției care urmează a se prepara, iar în colțul din stânga-jos se trece concentrația acidului clorhidric în apă distilată (care este zero).

Făcând scăderile după diagonale (37,23 – 5 = 22,23 și 15 – 0 = 15) se constată că pentru a prepara soluția dorită este necesar să se amestece 15 părți în greutate soluție de HCl 37,23% cu 22,23 părți în greutate de apă distilată. Cele două soluții nu se cântăresc însă, ci li se măsoară volumele: $V_{H_2O} = \frac{m}{d} = \frac{22,23}{1} = 22,23$ ml

$$V_{HCl} = \frac{m}{d} = \frac{15}{1,19} = 12,60 \text{ ml}$$

În total: 12,60 ml + 22,23 ml = 34,83 ml amestec (soluție de HCl 15%).

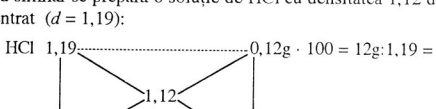
Calculăm cantitatea de apă distilată *) necesară preparării unui volum de 1000 ml soluție de HCl 15%:

Dacă în 34,83 ml ..... 22,23 ml
1000 ml ..... x ml

$x = 638,24$ ml

Peste 638,24 ml apă diltilată se adaugă 361,76 ml soluție de acid clorhidric concentrat (37,23%) și se obține o solutie de HCl 15% (1000 ml).

În mod similar se prepara o soluție de HCl cu densitatea 1,12 dintr-o soluție de HCl concentrat ($d = 1,19$):



(în colțul din stânga-jos al dreptunghiului s-a trecut densitatea apei distilate, care este =1).

10,08 + 7,00 ml= 17,08 părți ..... 7,00 ml apă distilată
1000 părți x

$x = 409,83$ ml

Peste 409,83 ml apă distilata se adaugă 590,17 ml solutie de HCl concentrat (d = = 1,19) și se obține 1000 ml soluție de HCl cu densitatea 1,12.

2. Formula: $n_1 V_1 = n_2 V_2$

Exemplu: Dintr-o solutie de H_2SO_4 1*n* se cere să se prepare un volum de 500 ml soluție de H_2SO_4 0,02 *n*.

Se cunoaște: n_1 = concentrația soluției existente de acid sulfuric (1 normal);

n_2 = concentrația soluției pe care dorim să o preparăm (0,02 normal);

V_2 – volumul de soluție pe care dorim să-l preparăm (500 ml)

Nu se cunoaște: V_1 = volumul de solutie 1 *n* de H_2SO_4 care urmează a fi diluat. Acesta se scoate din formula de mai sus:

$$V_1 = \frac{n_2 \cdot V_2}{n_1} = \frac{0{,}02 \cdot 500}{1} = 10 \text{ ml}$$

Deci se introduce într-un balon cotat de 500 ml un volum de 10 ml soluție de H_2SO_4 1 normal, se completeaza cu apă distilată până la semn și se omogenizează.

2.3.9. Prepararea unor soluții de normalități și de molarități diferite

Regula generală:

a)volumele de acizi concentrați prezentate în tabelul 2.21 se diluează cu apă distilată până la semn, într-un balon cotat de 1000 ml și se omogenizează;

b)cantitățile de substanță indicate în tabelele 2.22–2.41 se dizolva cu apă distilata (bidistilată) și soluțiile astfel obținute se diluează până la semn, într-un balon cotat de 1000 ml și se omogenizează.

c)soluțiilor preparate în modurile descrise mai sus li se stabilește titrul.

Tabelul 2.21. Prepararea soluțiilor de acizi

Acidul din care se prepară soluțiile	**Concentrația soluțiilor**						
	~2*N*	**~1*N***	**~0,5*N***	**~0,2*N***	**~0,1*N***	**~0,02*N***	**~0,01*N***
HCl concentrat *c*=37,23; *d*=1,19	166,66	83,33	41,66	16,66	8,33	1,66	0,83
H_2SO_4 concentrat *c*=95,6; *d*=1,84	55,55	27,77	13,88	5,55	2,77	0,55	0,27
HNO_3 concentrat *c*=69,8; *d*=1,42	125,00	62,50	31,25	12,50	6,25	1,25	0,62
CH_3COOH glacial *c*=99,5; *d*=1,05	117,64	58,82	29,41	11,76	5,88	1,17	0,58
CH_3COOH 70% *d*=1,07	166,66	83,33	41,66	16,66	8,33	1,66	0,83

Observație. Soluțiile mai diluate decât 0,1 *N* se prepară, de regulă, prin diluarea unui volum corespunzător și precis măsurat dintr-o soluție de normalitate mai mare, cu titrul cunoscut.

Tabelul 2.22. Prepararea soluțiilor de hidroxid de sodiu

Concentrațiile soluțiilor	g NaOH / 1000 ml soluție pentru:	
	Soluții normale	Soluții molare
2	80,010	80,010
1	40,005	40,005
0,5	20,002	20,002
0,2	8,001	8,001
0,1	4,000	4,000
0,05	2,000	2,000
0,02	0,800	0,800
0,01	0,400	0,400

Tabelul 2.23. Prepararea soluțiilor de hidroxid de potasiu

Concentrațiile soluțiilor	g KOH / 1000 ml soluție pentru:	
	Soluții normale	Soluții molare
2	112,204	112,204
1	56,102	56,102
0,5	28,051	28,051
0,2	11,220	11,220
0,1	5,610	5,610
0,05	2,805	2,805
0,02	1,122	1,122
0,01	0,561	0,561

Tabelul 2.24. Prepararea soluțiilor de permanganat de potasiu

Concentrațiile soluțiilor	g $KMnO_4$ / 1000 ml soluție pentru:	
	Soluții normale	Soluții molare
1	31,6075	158,03
0,5	15,8037	79,015
0,2	6,3215	31,606
0,1	3,1607	15,803
0,05	1,5803	7,951
0,02	0,6321	3,160
0,01	0,3160	1,580

Tabelul 2.25. Prepararea soluțiilor de acid oxalic

Concentrațiile soluțiilor	g $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$ / 1000 ml soluție pentru:	
	Soluții normale	Soluții molare
1	63,033	126,06
0,5	31,516	63,033
0,2	12,606	25,212
0,1	6,303	12,606
0,05	3,151	6,303
0,02	1,260	2,521
0,01	0,630	1,260

Tabelul 2.26. Prepararea soluțiilor de bicromat de potasiu

Concentrațiile soluțiilor	g $K_2Cr_2O_7$ / 1000 ml soluție pentru:	
	Soluții normale	Soluții molare
2	98,0636	588,382
1	49,0318	294,191
0,5	24,5159	147,095
0,2	9,8063	58,838
0,1	4,9031	29,419
0,05	2,4516	14,709
0,02	0,9806	5,883
0,01	0,4903	2,419

Tabelul 2.26. Prepararea soluțiilor de Sare Mohr

Concentrațiile soluțiilor	g $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ / 1000 ml soluție pentru:	
	Soluții normale	Soluții molare
1	392,137	392,137
0,5	196,068	196,068
0,2	78,427	78,427
0,1	39,213	39,213
0,05	19,606	19,606
0,02	7,842	7,842
0,01	3,921	3,921

Tabelul 2.28. Prepararea soluțiilor de tiosulfat de sodiu

Concentrațiile soluțiilor	g $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ / 1000 ml, pentru:	
	Soluții normale	Soluții molare
1	248,22	248,22
0,5	124,11	124,11
0,2	49,644	49,644
0,1	24,822	24,822
0,05	12,411	12,411
0,02	4,964	4,964
0,01	2,482	2,482

Tabelul 2.29. Prepararea soluțiilor de iod

Concentrațiile soluțiilor	g iod / 1000 ml soluție pentru:	
	Soluții normale	Soluții molare
1	126,904	126,904
0,5	63,452	63,452
0,2	25,380	25,380
0,1	12,690	12,690
0,05	6,345	6,345
0,02	2,538	2,538
0,01	1,269	1,269

Observație. Deoarece iodul este foarte greu solubil în apă și o asemenea soluție este și instabilă, în scopuri analitice iodul se dizolvă în iodură de potasiu sau în iodură de sodiu. De exemplu, pentru prepararea unei soluții 0,1 *N* de de iod, se dizolvă în puțină apă aproximativ 30 g KI, se adaugă cantitatea corespunzătoare de iod din tabelul de mai sus (12,690 g) și se aduce la semn cu apă distilată, într-un balon cotat de 1000 ml.

Tabelul 2.30. Prepararea soluțiilor de Complexon III

Concentrațiile soluțiilor	g substanță / 1000 ml soluție pentru:	
	Soluții normale	Soluții molare
1	186,121	372,242
0,5	93,060	186,121
0,2	37,224	74,448
0,1	18,612	37,224
0,05	9,306	18,612
0,02	3,722	7,444
0,01	1,861	3,722

Tabelul 2.31. Prepararea soluțiilor de clorură de calciu

Concentrațiile soluțiilor	g $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ / 1000 ml soluție:	
	Soluții normale	**Soluții molare**
1	109,538	219,077
0,5	54,769	109,538
0,2	21,907	43,815
0,1	10,953	21,907
0,05	5,476	10,953
0,02	2,190	4,381
0,01	1,095	2,190

Tabelul 2.32. Prepararea soluțiilor de azotat de argint

Concentrațiile soluțiilor	g $AgNO_3$ / 1000 ml soluție pentru:	
	Soluții normale	**Soluții molare**
1	169,875	169,875
0,5	84,937	84,937
0,2	33,975	33,975
0,1	16,987	16,987
0,05	8,493	8,493
0,02	3,397	3,397
0,01	1,698	1,698

Tabelul 2.33. Prepararea soluțiilor de clorură de sodiu

Concentrațiile soluțiilor	g NaCl / 1000 ml soluție pentru:	
	Soluții normale	**Soluții molare**
2	116,84	116,884
1	58,442	58,442
0,5	29,221	29,221
0,2	11,688	11,688
0,1	5,844	5,844
0,05	2,922	2,922
0,02	1,168	1,168
0,01	0,584	0,584

Tabelul 2.34. Prepararea soluțiilor de clorură mercurică

Concentrațiile soluțiilor	g $HgCl_2$ / 1000 ml soluție pentru:	
	Soluții normale	Soluții molare
1	135,745	271,490
0,5	67,87	135,74
0,2	27,149	54,298
0,1	13,574	27,149
0,05	6,787	13,574
0,02	2,714	5,429
0,01	1,357	2,714

Tabelul 2.35. Prepararea soluțiilor de clorură stanoasă

Concentrațiile soluțiilor	g $SnCl_2$ / 1000 ml soluție pentru:	
	Soluții normale	Soluții molare
1	112,808	225,617
0,5	56,404	112,808
0,2	22,561	45,123
0,1	11,280	22,561
0,05	5,640	11,280
0,02	2,261	4,512
0,01	1,128	2,256

Tabelul 2.36. Prepararea soluțiilor de clorură potasiu

Concentrațiile soluțiilor	g KCl / 1000 ml soluție pentru:	
	Soluții normale	Soluții molare
2	149,110	149,110
1	74,555	74,555
0,5	37,277	37,277
0,2	14,911	14,911
0,1	7,455	7,455
0,05	3,727	3,727
0,02	1,491	1,491
0,01	0,745	0,745

Tabelul 2.37. Prepararea soluțiilor de clorură de bariu

Concentrațiile soluțiilor	g $BaCl_2$ / 1000 ml soluție pentru:	
	Soluții normale	**Soluții molare**
1	122,15	244,31
0,5	61,07	122,15
0,2	24,431	48,862
0,1	12,215	24,431
0,05	6,117	12,215
0,02	2,443	8,886
0,01	1,221	2,443

Tabelul 2.38. Prepararea soluțiilor de oxalat de amoniu

Concentrațiile soluțiilor	g $C_2O_4(NH_4)_2 \cdot H_2O$ / 1000 ml soluție pentru:	
	Soluții normale	**Soluții molare**
2	142,112	284,224
1	71,056	142,112
0,5	35,528	71,056
0,2	14,211	28,422
0,1	7,105	14,211
0,05	3,552	7,105
0,02	1,421	2,842
0,01	0,710	1,421

Tabelul 2.39. Prepararea soluțiilor de sulfat de amoniu

Concentrațiile soluțiilor	g $(NH_4)_2SO_4$ / 1000 ml soluție pentru:	
	Soluții normale	**Soluții molare**
1	66,069	132,138
0,5	33,034	66,069
0,2	13,213	26,427
0,1	6,606	13,213
0,05	3,303	6,606
0,02	1,321	2,642
0,01	0,660	1,321

Tabelul 2.40. Prepararea soluțiilor de persulfat de amoniu

Concentrațiile soluțiilor	g $(NH_4)_2S_2O_8$ / 1000 ml soluție pentru:	
	Soluții normale	Soluții molare
1	114,105	228,210
0,5	57,052	114,105
0,2	22,821	45,642
0,1	11,410	22,821
0,05	5,705	11,410
0,02	2,282	5,705
0,01	1,141	2,282

Tabelul 2.41. Prepararea soluțiilor de cianură de potasiu

Concentrațiile soluțiilor	g KCN / 1000 ml soluție pentru:	
	Soluții normale	Soluții molare
1	65,119	65,119
0,5	32,559	32,559
0,2	13,023	13,023
0,1	6,511	6,511
0,05	3,255	3,255
0,02	1,302	1,302
0,01	0,651	0,651

2.3.10. Prepararea soluțiilor tampon

Regulă generală. Pentru prepararea unei soluții tampon sunt necesari 2 reactivi. Dacă soluțiile reactivilor respectivi nu au fost preparate din substanțe etalon (titrimetrice), li se determină titrul și – în baza acestuia – ele trebuie astfel ajustate încât să se ajungă la normalitățile exacte cerute de metodele de preparare a soluțiilor tampon.

1. Soluții tampon cu pH 1,1 – 4,9 (HCl – $NaH_2C_6H_5O_7$)

Reactivul A : *acid clorhidric 0,1 N*: se introduce într-un balon cotat de 1000 ml un volum de 8,03 ml acid clorhidric concentrat ($d = 1,19$), se diluează cu apă distilată până la semn și se omogenizează soluția obținută.

Reactivul B: *citrat de sodiu 0,1 M*: se dizolvă într-un balon cotat de 1000 ml o cantitate de 21,0140 g acid citric ($H_3C_6H_5O_7 \cdot H_2O$), se adaugă 200 ml soluție 1 *N* de NaOH, se completează cu apă la semn și se omogenizează soluția obținută.

În baloane cotate de 100 ml se introduc volumele de reactiv B prezentate în tabelul de mai jos, care sunt diluate apoi până la 100 ml cu reactivul A.

Tabelul 2.42

*p*H	Reactiv B [ml]	*p*H	Reactiv B [ml]	*p*H	Reactiv B [ml]	*p*H	Reactiv B [ml]
1,1	4,8	2,1	31,7	3,1	41,5	4,1	58,5
1,2	11,1	2,2	32,6	3,2	42,7	4,2	61,1
1,3	15,9	2,3	33,6	3,3	44,0	4,3	64,3
1,4	19,3	2,4	34,5	3,4	45,4	4,4	67,9
1,5	22,2	2,5	35,4	3,5	46,8	4,5	71,9
1,6	24,6	2,6	36,4	3,6	48,4	4,6	76,9
1,7	26,5	2,7	37,3	3,7	50,1	4,7	82,2
1,8	28,2	2,8	38,3	3,8	51,9	4,8	88,0
1,9	29,5	2,9	39,3	3,9	53,8	4,9	95,6
2,0	30,6	3,0	40,3	4,0	56,0		

2. Soluțiile tampon cu *p*H 5,0 – 6,3 (acid acetic – acetat)

Reactivul A: *acid acetic 1 N:* se dilucază 64 ml soluție de acid acetic p.a. la 1000 ml, cu apă distilată, într-un balon cotat și se omogenizează soluția obținută.

Reactivul B: *hidroxid de sodiu 1 N:* se dizolvă 40 g NaOH într-un balon cotat de 1000 ml și se aduce la semn cu apă distilată.

Pentru prepararea soluțiilor tampon cu *p*H-ul cuprins între 5,0 și 6,3 se introduc în baloane cotate de 500 ml volumele de reactiv A indicate în tabelul de mai jos, se adaugă câte 50 ml reactiv B, se completează cu apă distilată până la 500 ml și se omogenizează.

Tabelul 2.43

*p*H	CH_3COOH 1*N* [ml]	*p*H	CH_3COOH 1*N* [ml]	*p*H	CH_3COOH 1*N* [ml]
5,0	73,4	5,5	57,4	6,0	52,3
5,1	68,6	5,6	55,9	6,1	51,9
5,2	64,8	5,7	54,7	6,2	51,5
5,3	61,7	5,8	53,7	6,3	51,2
5,4	59,3	5,9	53,0		

3. Soluții tampon cu *p*H 6,4 – 8,0 (KH_2PO_4 – Na_2HPO_4)

Reactivul A: *fosfat biacid de potasiu M/15:* se dizolvă 9,073 g KH_2PO_4 și se diluează soluția obținută la 1000 ml cu apă distilată;

Reactivul B: *fosfat monoacid de sodiu M/15:* 11,8660 g $Na_2HPO_4 \cdot 2\,H_2O$ se dizolvă într-un balon cotat de 1000 ml și se aduce volumul soluției obținute la semn cu apă distilată.

Pentru prepararea soluțiilor tampon cu *p*H-ul cuprins între 6,4 și 8,0 se introduc în baloane cotate de 100 ml volumele de reactiv B prezentate în tabelul de mai jos și

se completează până la semn (100 ml) cu reactivul A:

Tabelul 2.44

*p*H	Na_2HPO_4 *M*/15 [ml]	*p*H	Na_2HPO_4 *M*/15 [ml]	*p*H	Na_2HPO_4 *M*/15 [ml]
6,4	26,4	7,0	61,2	7,6	88,5
6,5	31,3	7,1	67,0	7,7	91,2
6,6	37,1	7,2	72,6	7,8	93,6
6,7	43,0	7,3	77,7	7,9	95,5
6,8	49,2	7,4	81,8	8,0	96,9
6,9	55,2	7,5	85,2		

4. Soluții tampon cu *p*H 8,1 – 9,2 ($Na_2B_4O_7$ – HCl)

Reactivul A: *tetraborat de sodiu 0,05 M:* se dizolvă 12,3670 g H_3BO_3 în 200 ml apă distilată, se adaugă 100 ml soluție 1*N* de hidroxid de sodiu și se aduce volumul la 1000 ml, cu apă distilată, într-un balon cotat.

Reactivul B: *acid clorhidric, soluție 0,1N:* se dilucează un volum de 8,03 ml acid clorhidric concentrat (d = 1,19) la 1000 ml cu apă distilată.

Pentru prepararea soluțiilor tampon cu *p*H-ul cuprins între 8,1 și 9,2 se introduc în baloane cotate de 100 ml volumele de reactiv A indicate în tabelul de mai jos și se completează la 100 ml cu soluția reactivului B.

Tabelul 2.45

*p*H	$Na_2B_4O_7$ 0,05 [ml]	*p*H	$Na_2B_4O_7$ 0,05 [ml]	*p*H	$Na_2B_4O_7$ 0,05 [ml]
8,1	57,15	8,5	65,25	8,9	80,50
8,2	58,65	8,6	68,00	9,0	85,60
8,3	60,70	8,7	71,20	9,1	91,90
8,4	62,95	8,8	75,50	9,2	98,10

5. Soluții tampon cu *p*H 9,3 – 11,0 ($Na_2B_4O_7$ – NaOH)

Reactivul A: *tetraborat de sodiu 0,05 M:* (preparat în modul arătat mai sus);

Reactivul B: *hidroxid de sodiu 0,1 N:* se dizolvă 4 g NaOH în apă distilată și se diluează volumul soluției obținute la 1000 ml;

Pentru prepararea soluțiilor tampon cu *p*H-ul cuprins între 9,3 și 11,0 se introduc în baloane cotate de 100 ml volumele de reactiv B indicate în tabelul de mai jos și se completează la semn cu soluția reactivului A:

Tabelul 2.46

*p*H	NaOH 0,1*N* [ml]	*p*H	NaOH 0,1*N* [ml]	*p*H	NaOH 0,1*N* [ml]
9,3	8,90	9,9	39,00	10,5	47,20
9,4	15,40	10,0	41,00	10,6	48,00
9,5	21,00	10,1	42,70	10,7	48,60
9,6	26,80	10,2	44,00	10,8	49,10

*p*H	NaOH 0,1 *N* [ml]	*p*H	NaOH 0,1 *N* [ml]	*p*H	NaOH 0,1 *N* [ml]
9,7	32,30	10,3	45,20	10,9	49,50
9,8	36,30	10,4	46,30	11,0	49,90

6. Soluții tampon cu *p*H 11,1 – 12,9 ($NH_2CHCOOH$ – NaOH)

Reactivul A: *acid aminoacetic (glicocol) 0,1 N:* se dizolvă într-un balon cotat de 1000 ml, 7,5070 g glicocol, se adaugă 5,85 g NaCl p.a. și se diluează soluția obținută, până la semn, cu apă distilată;

Reactivul B: *hidroxid de sodiu 0,1 N:* se dizolvă 4 g NaOH în apă distilată și se diluează volumul soluției obținute la 1000 ml, într-un balon cotat.

Pentru prepararea soluțiilor tampon cu *p*H-ul cuprins între 11,1și 12,9 se introduc în baloane cotate de 100 ml volumele de reactiv B indicate în tabelul de mai jos și se completează la semn cu soluția reactivului A;

Tabelul 2.47

*p*H	NaOH 0,1 *N* [ml]	*p*H	NaOH 0,1 *N* [ml]	*p*H	NaOH 0,1 *N* [ml]
11,1	49,35	11,7	51,95	12,3	59,40
11,2	40,80	11,8	52,60	12,4	61,80
11,3	50,20	11,9	53,40	12,5	65,40
11,4	50,60	12,0	54,45	12,6	70,00
11,5	51,00	12,1	55,80	12,7	75,00
11,6	51,4	12,2	57,40	12,8	81,00
				12,9	90,00

2.3.10.1. Amestec tampon universal

Se prepară soluții 0,04 *M* de acid fosforic, acid acetic și respectiv de acid boric, care se amestecă între ele. Peste cote - părți de 100 ml din amestecul celor 3 soluții, se adaugă volumele de NaOH 0,2 *N* indicate în tabelul de mai jos, obținându-se soluții tampon cu *p*H-ul cuprins între 1,81 și 11,98:

Tabelul 2.48

*p*H	NaOH 0,2 *N* [ml]	*p*H	NaOH 0,2 *N* [ml]	*p*H	NaOH 0,2 *N* [ml]	*p*H	NaOH 0,1 *N* [ml]
1,81	0,00	4,10	25,00	6,80	50,00	9,62	75,00
1,89	2,50	4,35	27,50	7,00	52,50	9,91	77,50
1,98	5,00	4,56	30,00	7,24	55,00	10,38	80,00
2,09	7,50	4,78	32,50	7,54	57,50	10,88	82,50
2,21	10,00	5,02	35,00	7,96	60,00	11,20	85,00
2,36	12,50	5,33	37,50	8,36	62,50	11,40	87,50
2,56	15,00	5,72	40,00	8,69	65,00	11,58	90,00

*p*H	NaOH 0,2*N* [ml]	*p*H	NaOH 0,2*N* [ml]	*p*H	NaOH 0,2*N* [ml]	*p*H	NaOH 0,1*N* [ml]
2,87	17,50	6,09	42,50	8,95	67,50	11,70	92,50
3,29	20,00	6,37	45,00	9,15	70,00	11,82	95,00
3,78	22,50	6,59	47,50	9,37	72,50	11,98	100,00

Tabelul 2.48. Cantitățile de substanță necesare realizării unor soluții de fosfați, de molarități diferite, utilizate la prepararea soluțiilor tampon.

Substanța	Masa moleculară	Cantitatea de substanță (g) necesară la 1000 ml soluție pentru molaritățile:			
		1	0,2	0,1	0,01
Fosfat monosodic NaH_2PO_4	120	120	24	12	1,2
Fosfat monosodic $NaH_2PO_4 \cdot 1H_2O$	137,99	138	27,6	13,8	1,38
Fosfat monosodic $NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$	156	156	31,2	15,6	1,56
Fosfat disodic Na_2HPO_4	141,96	142	28,4	14,2	1,42
Fosfat disodic $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$	177,99	178	35,6	17,8	1,78
Fosfat disodic $Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$	268,07	268,1	53,64	26,8	2,68
Fosfat monopotasic KH_2PO_4	136,09	136,1	27,22	13,61	1,36
Fosfat dipotasic K_2HPO_4	174,23	174,23	34,85	17,42	1,74
Fosfat dipotasic $K_2HPO_4 \cdot 1H_2O$	192,23	192,23	38,45	19,22	1,92
Fosfat dipotasic $K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$	228,23	228,23	45,65	22,82	2,28

Tabelul 2.49. Proporțiile de amestecare a unor soluții pentru obținerea de soluții cu *p*H determinat

Valoarea *p*H	HCl 1*n*	CH_3COOH 1*n*	NH_4OH 1*n*	NaOH 1*n*	H_2O
	ml soluție pentru 1000 ml soluție cu *p*H determinat				
0	100	-	-	-	-
1	10	-	-	-	90
2	1	-	-	-	99
3	-	6	-	-	94
4	-	87	-	13	-

Valoarea *p*H	HCl 1*n*	CH_3COOH 1*n*	NH_4OH 1*n*	NaOH 1*n*	H_2O
	ml soluție pentru 1000 ml soluție cu pH determinat				
5	-	61	-	39	-
6	-	51	-	49	-
7	-	50	50	-	-
8	49	-	51	-	-
9	39	-	61	-	-
10	13	-	87	-	-
11	-	-	6	-	94
12	-	-	-	1	99
13	-	-	-	10	90
14	-	-	-	100	-

2.3.10.2. Prepararea unor soluții tampon folosite în electroforeza pe hârtie

Pentru realizarea valorilor de *p*H din tabelul de mai jos, se dizolvă cantitățile specificate de reactivi, în apă,și se diluează la un volum de 1000 ml.

Tabelul 2.50

1.	Pentru ptoteinele serice: (tampon barbiturat, *p*H = 8,6)	1,84 g acid dietilbarbituric; 10,30 g barbiturat de sodiu
2.	Pentru proteinele serice: (tampon borat, *p*H = 9,0)	7,63 g borat de sodiu; 0,62 g acid boric
3.	Pentru proteinele serice: (tampon fosfat, *p*H = 7,4)	0,6 g fosfat monosodic (cu $1H_2O$) 2,2 g fosfat disodic anhidru
4.	Pentru aminoacizi: (tampon ftalat, *p*H = 5,9)	5,10 g ftalat acid de potasiu; 0,86 g hidroxid de sodiu
5.	Pentru carbohidrați: (tampon borat, H = 10,0)	7,44 g acid boric; 4,0 g hidroxid de sodiu

2.3.10.3. Soluții tampon fiziologice pe bază de "TRIS"

a) *Tampon TRIS maleat* – NaOH

La prepararea tamponului TRIS maleat – NaOH se folosesc următoarele soluții stoc:

- soluția TRIS – acid malic 0,2 *M*:

A.hydroxymethylaminometan = 24,2 g;
acid malic = 23,2 g;

sau:

acid malic anhidru = 19,6 g;
H_2O = 1000 ml;

- soluția hidrat de sodiu 0,2 *M*:

B. NaOH = 8 g;
H_2O = 1000 ml;

Se amestecă 50 ml soluție A cu volume diferite de soluție B și se diluează la 200 ml, cu apă distilată, obținându-se soluții tampon cu *p*H diferit, după cum urmează:

Tabelul 2.51

ml soluție B	*p*H	ml soluție B	*p*H
7,0	5,2	48,0	7,0
10,8	5,4	51,0	7,2
15,5	5,6	54,0	7,4
20,5	5,8	58,0	7,6
26,0	6,0	63,5	7,8
31,5	6,2	69,0	8,0
37,0	6,4	75,0	8,2
42,5	6,6	81,0	8,4
45,0	6,8	86,0	8,6

b) *Tampon TRIS – HCl:*

Soluțiile stoc folosite la prepararea tamponului TRIS – HCl sunt:

- soluția TRIS 0,2 *M*

A. hydroxymethylaminometan = 24,2 g;
H_2O = 1000 ml;

- soluția de acid clorhidric 0,2 *M*.

B. HCl 37% = 16,8 ml
H_2O = 1000 ml

Se amestecă 50 ml soluție A cu volume diferite de soluțieB și se diluează la 200 ml cu apă distilată:

Tabelul 80

ml soluție B	*p*H	ml soluție B	*p*H
44,2	7,2	21,9	8,2
41,4	7,4	16,5	8,4
38,4	7,6	12,2	8,6
32,5	7,8	8,1	8,8
26,8	8,0	5,0	9,0

2.3.10.4. Soluții tampon de referință utilizate la determinarea *p*H-ului cu ajutorul scării de comparare

Prin amestecarea unor soluții stoc, în proporțiile prezentate în tabelul de mai jos, se obțin soluții tampon cu *p*H diferit, cuprins între 1și 10.

Prepararea soluțiilor stoc:

- soluția A: soluție de acid clorhidric *N*/5, verificată acidimetric;
- soluția B: soluție de hidroxid de sodiu *N*/5, preparată cu NaOH decarbonatat (prin spălare rapidă, de 2 – 3 ori, cu apă distilată), dozată cu ajutorul soluției A și ajustată astfel încât să fie exact *N*/5;
- soluția C: soluție de clorură de potasiu *N*/5
  - KCl pură = 14,912 g;
  - apă bidistilată până la 1000 ml.

Observație. Sarea trebuie recristalizată și uscată la 105°C, înainte de cântărire.

- soluția D: soluție de ftalat acid de potasiu $C_6H_4<^{COOK}_{COOH}$
  - ftalat acid de potasiu pur = 40,828 g
  - apă bidistilată până la 1000 ml.
- soluția E: soluție de fosfat monopotasic
  - fosfat monopotasic pur = 27,231 g
  - apă bidistilată până la 1000 ml.

Observație. Sarea trebuie recristalizată și uscată la 105°C, înainte de cântărire.

- soluția F: soluție dublă de acid boric și clorură de potasiu *N*/5
  - acid boric =12,405 g;
  - clorură de potasiu pură = 14,912 g;
  - apă bidistilată până la 1000 ml.

Tabelul 2.52. Prepararea soluțiilor tampon de referință cu *p*H diferit, între 1 și 10

*p*H-ul	Compoziția amestecului						
	Sol. A [ml]	Sol. B [ml]	Sol. C [ml]	Sol. D [ml]	Sol. E [ml]	Sol. F [ml]	Apă bidistilată până la:
1	97		50				200
1,2	64,5		50				200
1,4	41,5		50				200
1,6	26,3		50				200
1,8	16,6		50				200
2	10,6		50				200
2,2	46,7			50			200
2,4	39,6			50			200
2,6	32,95			50			200
2,8	26,42			50			200
3	20,32			50			200
3,2	14,70			50			200
3,4	9,90			50			200
3,6	5,97			50			200

*p*H-ul	Compoziția amestecului						
	Sol. A [ml]	Sol. B [ml]	Sol. C [ml]	Sol. D [ml]	Sol. E [ml]	Sol. F [ml]	Apă bidistilată până la:
3,8	2,63			50			200
4		0,4		50			200
4,2		3,7		50			200
4,4		7,5		50			200
4,6		12,15		50			200
4,8		17,70		50			200
5		23,85		50			200
5,2		29,95		50			200
5,4		35,45		50			200
5,6		39,85		50			200
5,8		43,00		50			200
		3,72			50		200
6		45,45		50			200
		5,70			50		200
6,2		47,0		50			200
		8,60			50		200
6,4		12,60			50		200
6,6		17,80			50		200
6,8		23,65			50		200
7		29,63			50		200
7,2		35,00			50		200
7,4		39,50			50		200
7,6		42,80			50		200
7,8		45,20			50		200
		2,61				50	200
8		46,80			50		200
		3,97				50	200
8,2		5,90				50	200
8,4		8,50				50	200
8,6		12,00				50	200
8,8		16,30				50	200
9		21,30				50	200
9,2		26,70				50	200
9,4		32,00				50	200
9,6		36,85				50	200
9,8		40,80				50	200
10		43,90				50	200

Tabel 2.53. Obținerea soluțiilor de sulfat de amoniu cu grade diferite de saturare, utilizate la fracționarea soluțiilor proteice

grame $(NH_4)_2SO_4$ la 1000 ml soluție:																	
0	56	114	144	176	196	209	243	277	313	315	390	430	472	516	561	662	767
10		57	86	118	137	150	183	216	251	288	326	365	406	449	494	592	694
20			29	59	78	91	123	155	189	225	262	300	340	382	424	520	619
25				30	49	62	94	125	158	193	230	267	307	348	390	495	583
30					19	30	62	94	127	162	198	235	273	314	356	449	546
33						12	43	74	107	142	177	214	***252***	292	333	427	522
35							31	63	94	129	164	200	238	278	319	411	506
40								31	63	97	132	168	205	245	285	375	469
45									32	65	99	134	171	210	250	339	431
50										33	66	101	137	176	214	302	392
55											33	67	103	141	179	264	353
60												34	69	105	143	227	314
65													34	70	107	190	275
70														35	72	153	237
75															36	115	198
80																77	157
90	10	20	25	30	33	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90	79
	10	20	25	30	33	35	40	45	50	55	60	65	***70***	75	80	90	100
Concentrația finală a $(NH_4)_2SO_4$, sol. %																	

Modul de utilizare a tabelului: Pentru a prepara, de exemplu, o soluție cu concentrația de 70%, plecând de la o soluție cu concentrația de 33%, se caută pe șirul orizontal cifra 70, iar pe coloana verticală (stânga) cifra 33. La intersecția celor două linii cu originea în punctele 70 și 33 se află cifra 252, ceea ce înseamnă că 252 g de sulfat de amoniu trebuie adăugate la 1000 ml soluție 33% pentru a obține o soluție cu concentrația de 70%

Tabel 2.54. Prepararea soluțiilor de alcool de diferite concentrații, prin amestecare de alcool și apă distilată (volum / volum)

Concentrația alcoolului care se diluează [°C]	Concentrațiile soluțiilor de alcool ce trebuie preparate												
	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
35	167												
40	335	144											
45	505	290	127										
50	674	436	255	114									
55	845	583	384	229	103								
60	1017	730	514	344	207	95							
65	1187	878	644	460	311	190	88						
70	1360	1027	774	577	417	285	175	81					
75	1535	1177	906	694	523	382	264	163	76				
80	1709	1327	1039	812	630	480	353	246	153	72			
85	1884	1478	1172	932	738	578	443	329	231	144	68		
90	2061	1630	1306	1052	847	677	535	414	310	218	138	65	
95	2239	1785	1443	1174	957	779	629	501	391	295	209	133	64

Modul de folosire a tabelului: la 1000 ml alcool de concentrație inițială (prima coloană din stânga) se adaugă volumele de apă distilată indicate în celelalte coloane. Exemplu: dacă avem alcool de concentrație 65grade și dorim să preparăm alcool de concentrație 40 grade, adăugăm la 1000 ml alcool 644 ml apă distilată. Volumele de alcool și de apă se pot micșora în mod proporțional, în funcție de cantitatea de soluție pe care dorim să o preparăm.

Observație: Cantitatea de alcool se exprimă în grade alcoolice. Gradul alcoolic reprezintă numărul de ml de alcool pur conținut în 100 ml de lichid.

Tabelul 2.55. Factorii de transformare a concentrației unor parametrii chimici din mg în milivali și din milivali în mg

Parametrul chimic	Factorul de transformare		Parametrul chimic	Factorul de transformare	
	mg în mval	mval în mg		mg în mval	mval în mg
H^+	0,9921	1,008	F^-	0,05263	19,00
Li^+	0,1441	6,940	Cl^-	0,02820	35,46
Na^+	0,0434	23,0	Br^-	0,01251	79,92
K^+	0,02558	39,102	I^-	0,00788	126,90
NH_4^+	0,05543	18,040	S^{2-}	0,06237	16,03
Ca^{2+}	0,04990	20,040	HSO_4^-	0,01030	97,07
Mg^{2+}	0,08224	12,160	SO_3^-	0,02498	40,03
Ba^{2+}	0,01456	68,68	SO_4^{2-}	0,02082	48,03
Sr^{2+}	0,02282	43,82	NO_2^-	0,02174	46,01
Mn^{2+}	0,03641	27,47	NO_3^-	0,01613	62,01
Fe^{2+}	0,03581	27,93	CO_3^{2-}	0,03333	30,01
Fe^{3+}	0,05371	18,62	HCO_3^-	0,01639	61,02
Al^{3+}	0,11120	8,993	PO_4^{3-}	0,03159	31,66
Cu^{2+}	0,03148	31,77	HPO_4^{2-}	0,02084	47,99
Pb^{2+}	0,00965	103,60	$H_2PO_4^-$	0,01031	96,99
Zn^{2+}	0,03059	32,69	SiO_3^{2-}	0,02629	38,05
Cr^{3+}	0,05768	17,34	BO_2^-	0,02335	42,82

2.3.11. Determinarea *p*H-ului soluțiilor cu ajutorul scării de comparare

Scara de comparare pentru determinarea *p*H-ului se pregătește pe baza următorilor reactivi:

1. *Clorură de cobalt:* se dizolvă 59,5 g $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ în HCl 1% și se diluează soluția obținută la 1000 ml, cu acid clorhidric 1%, într-un balon cotat;

2. *Clorură ferică:* se dizolvă 45,05 g $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ în soluție de HCl 1% și se completează volumul la 1000 ml, cu aceeași soluție;

3. *Clorură de cupru:* se dizolvă 400 g $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ în soluție de HCL 1% și se aduce volumul la 1000 ml cu aceeași soluție;

4. *Sulfat de cupru:* se dizolvă 200 g $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ în soluție de H_2SO_4 1% și se completează volumul la 1000 ml, cu aceeași soluție.

Aceste 4 soluții se amestecă în proporții determinate, se diluează cu apă bidistilată la un volum de 10 ml și se introduc în eprubete care se închid etanș cu dopuri de cauciuc sau la flacăra unui bec de gaz. Ele sunt colorate în nuanțe diferite, corespunzătoare diferitelor valori ale pH-ului.

Tabelul 2.56

*p*H-ul	Volumele de soluții necesare [ml]:				
	$CoCl_2 \cdot 6H_2O$	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	$CuCl_2 \cdot 2H_2O$	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	Apă bidistilată
5,8	1,35	5,85	0,05	-	2,75
6,0	1,30	5,50	0,15	-	3,05
6,2	1,40	5,50	0,25	-	2,85
6,4	1,40	5,00	0,40	-	3,20
6,6	1,40	4,25	0,70	-	3,65
6,8	1,80	3,05	1,00	0,40	3,75
7,0	1,80	2,50	1,15	1,05	3,50
7,2	2,10	1,80	1,75	1,10	3,25
7,4	2,20	1,60	1,80	1,90	2,50
7,6	2,20	1,10	2,25	2,20	2,25
7,8	2,20	1,05	2,20	3,10	1,45
8,0	2,20	1,00	2,10	4,00	0,70
8,2	2,20	1,00	2,00	4,30	0,50
8,4	2,20	0,80	1,60	5,00	0,40

Pentru a determina *p*H-ul unei soluții cu ajutorul scării de comparare, mai este nevoie de o soluție indicator preparată din:

1. *Albastru de bromtimol:* se dizolvă 0,1 grame albastru de bromtimol în 50 ml alcool etilic, în care se adaugă 3,8 ml NaOH 0,05 *N* și se diluează cu apă distilată până la un volum de 250 ml, într-un balon cotat;

2. *Roșu de metil:* se dizolvă 0,1 grame roșu de metil în 100 ml alcool etilic, se adaugă 7,4 ml soluție de NaOH 0,05 *N* și se completează volumul la 500 ml cu apă distilată.

Cele două soluții, omogenizate, se amestecă în proporție de 2 : 1 (albastru de bromtimol/roșu de metil) și se păstrează într-o sticlă brună, la rece și la întuneric.

Determinarea pH-ului: se introduc 10 ml soluție de analizat într-o eprubetă absolut asemănătoare celor în care se găsesc soluțiile de comparat ale scării, se adaugă 0,6 ml din amestecul de indicatori, se agită prin scuturare și se compară culoarea obținută cu scara de etalonare.

Tabelul 2.57. Corespondența dintre *p*H, *p*OH și caracterul mediului

*p*H	*p*OH	Caracterul mediului	*p*H	*p*OH	Caracterul mediului
0	14	Foarte puternic acid	8	6	Foarte slab alcalin
1	13	Puternic acid	9	5	Slab alcalin
2	12	Acid	10	4	Alcalin
3	11	Acid	11	3	Alcalin
4	10	Acid	12	2	Alcalin
5	9	Slab acid	13	1	Puternic alcalin
6	8	Foarte slab acid	14	0	Foarte puternic alcalin
7	7	Neutru			

Tabelul 2.58. Variația *p*H-ului de neutralitate, în funcție de temperatură

t [grade C]	*p*H neutru	*t* [grade C]	*p*H neutru	*t* [grade C]	*p*H neutru	*t* [grade C]	*p*H neutru	*t* [grade C]	*p*H neutru
0	7,44	19	7,05	26	6,93	33	6,82	40	6,70
5	7,34	20	7,03	27	6,92	34	6,80	50	6,60
10	7,23	21	7,02	28	6,90	35	6,79	60	6,45
15	7,12	22	7,00	29	6,88	36	6,77	70	6,34
16	7,10	23	6,98	30	6,86	37	6,75	80	6,24
17	7,08	24	6,96	31	6,85	38	6,74	90	6,14
18	7,07	25	6,95	32	6,83	39	6,72	100	6,07

3

Informații de interes pentru chimistul analist

3.1. Prepararea unor reactivi speciali utilizați în chimia analitică

1. *Acid fenoldisulfonic:* într-o capsulă de porțelan se tratează 30g fenol cu 200 ml acid sulfuric concentrat ($d = 1,84$), Se acoperă cu o sticlă de ceas și se ține timp de 6 ore pe o baie de apă, sub nișă, amestecând din când în când cu o baghetă de sticlă. Se păstrează în sticlă brună. Fenolul trebuie, în prealabil, purificat prin distilare.

2. *Acid sulfomolibdenic:* 5 grame $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ se dizolvă în circa 50 ml apă distilată, după care se trece într-un balon cotat de 100 ml, se adaugă cu precauție 3 ml acid sulfuric ($d = 1,84$), se aduce cu apă distilată la semn și se omogenizează. Soluția poate fi utilizată cel mult 8 ore, după preparare.

3. *Amestec catalizator pentru determinarea azotului total prin metoda Kjeldahl:* se mojarează bine într-un mojar de porțelan și se amestecă 87 g sulfat de potasiu + 8,65 g sulfat feros + 4,35 g sulfat de cupru.

4. *Amestec oxidant sulfo-nitro-percloric:* se prepară prin amestecarea unor volume egale de acid sulfuric ($d = 1,84$), acid azotic ($d = 1,40$) și acid percloric ($d = 1,69$).

5. *Apă regală:* se prepară din 3 volume de HCl concentrat ($d = 1,19$) și un volum de acid azotic concentrat ($d = 1,40$).

6. *Amestec Lunge* („apă regală inversă") se prepară din 3 volume de acid azotic concentrat ($d = 1,40$) și un volum de acid clorhidric concentrat ($d = 1,19$).

7. *Acid 3,5 – dinitrosalicilic*, 1%: se amestecă 1 g de acid 3,5 – dinitrosalicilic cu 5 – 10 ml apă distilată; la amestecul obținut se adaugă lent și sub agitare continuă, 20 ml soluție de NaOH 2*N*. După dizolvarea completă a reactivului la temperatura camerei, volumul soluției se aduce la 50 ml cu apă distilată și se adaugă 30 grame Sare Seignette (tartrat dublu de sodiu și potasiu). Se agită până la dizolvarea Sării Seignette, se completează volumul soluției la 100 ml cu apă distilată și se filtrează. Soluția se conservă în flacoane de culoare brună, cu închidere ermetică, pentru

evitarea pătrunderii bioxidului de carbon, a cărui prezență poate reduce alcalinitatea reactivului, influențând asupra rezultatelor.

8. *Reactiv Arnow:* se dizolvă, în 100 ml apă distilată, 10 g azotit și 10 g molibdat de sodiu. Se prepară la nevoie.

9. *Reactiv Bertrand:* se dizolvă 5 g acid silicowolframic în 80 ml apă distilată, se adaugă 0,1 ml acid clorhidric 10% și se completează cu apă distilată la 100 ml.

10. *Reactiv Fehling:* se prepară la nevoie amestecând volume egale din următoarele soluții:

1) se dizolvă 34,66 g sulfat de cupru în 500 ml apă distilată;
2) se dizolvă 173 g tartrat de sodiu și potasiu și 100 g hidroxid de sodiu în apă distilată și se aduce volumul soluției la 500 ml.

11. *Reactiv Folin – Ciocâlteanu:* într-un balon de 500 ml, cu fund rotund și prevăzut cu un refrigerent ascendent, se dizolvă 20 g wolframat de sodiu și 5 g molibdat de sodiu în 140 ml apă distilată. Se adaugă 10 ml acid fosforic 85% și 20 ml HCl concentrat. Amestecul se fierbe moderat, la reflux, timp de 10 ore, după care se adaugă 30 g sulfat de litiu și câteva picături de apă de brom și se fierbe din nou 15 minute fără refrigerent, pentru a elimina excesul de brom. Se răcește, se completează volumul la 200 ml cu apă distilată și se filtrează. Reactivul nu trebuie să aibă culoare albastră, ci galbenă. În momentul întrebuințării se diluează cu apă, în raportul 1:2.

12. *Reactiv Mayer:* se dizolvă 1,35 g clorură de mercur în 60 ml apă distilată, se adaugă 5 g iodură de potasiu dizolvată în 10 ml apă distilată și se comoletează volumul la 100 ml cu apă distilată.

13. *Reactiv Nessler:* se prepară o soluție de clorură mercurică, dizolvând 17 g $HgCl_2$ în 300 ml apă distilată și o soluție de iodură de potasiu ce conține 35 g KI la 100 ml apă distilată. Se toarnă soluția de clorură mercurică peste cea de iodură de potasiu până când nu se mai dizolvă precipitatul roșu de iodură de mercur care se formează. Se aduce la 1000 ml cu soluție de hidroxid de sodiu 20% și se adaugă din nou clorură mercurică până la apariția unui precipitat persistent. Se lasă să se limpezească și se decantează. Culoarea reactivului Nessler trebuie să fie galben-deschisă. Se păstrează în sticle brune, etanș închise și la întuneric.

14. *Reactiv Lorentz:* se dizolvă la cald 150 g molibdat de amoniu în 650 ml apă distilată, se filtrează și, după răcire, se toarnă în porțiuni mici, agitând de fiecare dată, peste o soluție obținută prin dizolvarea a 50 g sulfat de amoniu în 400 ml acid azotic concentrat. Se lasă în repaus 24 de ore, la întuneric, și se filtrează înainte de întrebuințare.

15. *Reactiv Zimmermann – Reinhardt:* se dizolvă 67 g sulfat de mangan cristalizat ($MnSO_4 \cdot 4H_2O$) în 600 ml apă distilată, se adaugă 130 ml acid ortofosforic concentrat și 130 ml acid sulfuric concentrat. După răcire, soluția se diluează cu apă distilată la 1000 ml și se omogenizează.

16. *Mixtură de magneziu:* se dizolvă 55 g $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ și 105 g NH_4Cl în circa

300 ml apă distilată. Se acidifică cu acid clorhidric și se aduce volumul soluției la 1000 ml cu apă distilată. După 2 – 3 zile se filtrează.

3.2. Alte rețete de laborator

1. *Alcool absolut.* Se fierb la reflux (refrigerent ascendent), pe o baie de apă, timp de două ore, trei litri de alcool etilic 95% și un kilogram var nestins; se înlocuiește refrigerentul ascendent cu unul descendent și, continuând fierberea, se colectează alcoolul distilat într-un flacon, ferindu-l de contactul cu aerul. Randamentul operației este de circa 85 – 90%.

2. *Cerneală de scris pe sticlă.* Funcție de culoarea dorită, se prepară după cum urmează:

a) cerneală albastră: se amestecă soluție de colofoniu (2 părți) cu albastru de metilen (0,1 părți în alcool 15 părți) și cu borax (3,5 părți, dizolvat în 25 părți apă).

b) cerneală albă: se amestecă sticlă solubilă cu sulfat de bariu, precipitat, în raportul 3 – 4 părți/l parte; c) cerneală neagră: se amestecă sticlă solubilă (1 – 2 părți) cu tuș chinezesc (1 parte);

3. *Cerneală pentru marcat sticla.* Se prepară din: sulfat de bariu (15 p), biflorură de amoniu sau biflorură de potasiu (15 p), fluorură de sodiu (5 p), sulfat de amoniu (10 p), acid oxalic (8 p), glicerină (35 p) și apă distilată (12 p). Se păstrează în vase de polietilenă. Dacă devine prea vâscoasă, se diluează cu apă.

4. *Cerneală de scris pe porțelan, sticlă, celuloid.* Se dizolvă colorant de anilină (2 p) în alcool etilic (40 p), după care se adauga ulei de ricin (2 p), alcool amilic (46 p) și șelac (10 p).

5. *Cerneală corozivă pentru sticlă.* Se amestecă într-un creuzet de plumb fluorură de amoniu (1 p) cu sulfat de bariu (3 p), după care se adaugă peste amestec acid sulfuric concentrat, până se obține o pastă consistentă.

6. *Cerneală de scris pe porțelan.* Se amestecă azotat de argint (3 p) cu gumă arabică (10 p) și metil violet (2 p) în 30 p apă distilată. Obiectele de porțelan marcate cu această cerneală se calcinează în cuptor electric, imediat după marcare.

7. *Cerneală pentru marcarea obiectelor de porțelan.* Se dizolvă în 100 ml apa distilată o cantitate de 5 – 10 g clorură ferică. Obiectele marcate (creuzete, capsule) se calcinează în cuptorul electric.

8. *Cerneală de scris pe suprafețe metalice.* I. Se amestecă 10 p sulfat de cupru cu 2 p acid acetic 5%, cu 4 p gumă arabică 40%, 2 p negru de fum și 10 p apă distilată; II. Se dizolvă 20 p sulfat de cupru și 10 p gumă arabică în 60 p apă distilată; se adaugă în soluția obținută 5 p acid acetic 10% și 5 p negru de fum.

3.3. Amestecuri

Tabelul 3.1. Amestecuri refrigerante

Componentul A	Componentul B	Masa componentului		Temperatura [°C]	
		A	B	inițială	finală
NH_4NO_3	apă	100	94	13,6	–4
$NaNO_3$	apă	75	100	13,2	–5,3
$CaCl_2 \cdot 6H_2O$	gheață	100	246	0	–9
$CaCl_2$	gheață	30	100	0	–11
$KCl + KNO_3$	gheață	24+4,5	100	0	–11,8
NH_4NO_3	apă	60	100	13,6	–13,6
NH_4Cl	gheață	25	100	0	–15,8
NH_4NO_3	gheață	45	100	0	–16,8
NH_4SCN	apă	133	100	13,2	–18
$KCl + NH_4Cl$	gheață	12+19	100	0	–18
$NaNO_3$	gheață	59	100	0	–18,5
NaCl	gheață	33	100	0	–21,3
$NH_4Cl + NH_4NO_3$	gheață	18+44	100	0	–22,1
KSCN	apă	150	100	10,8	–23,7
$KNO_3 + NH_4NO_3$	gheață	9+74	100	0	–25,0
NaBr	gheață	66	100	0	–28
$KNO_3 + KSCN$	gheață	2+112	100	0	–34
H_2SO_4 66%	gheață	100	100	0	–37
$CaCl_2 \cdot 6H_2O$	gheață	100	81	0	–40,3
Alcool de 4° + zăpadă carbonică					–72
Eter + zăpadă carbonică					–100

Tabelul 3.2. Amestecuri azeotrope binare

Componentul A		Componentul B		Date azeotropice	
Denumire	p. f. [°C]	Denumire	p. f. [°C]	p. f. [°C]	% masă A
Apă	100	Acid acetic	86	120,5	32
		Acid clorhidric	-85	110	79,7
		Acid bromhidric	-67	126	52,5
		Hidrazină	113,5	120	29
		Tetraclorură de carbon	76,75	66	4,1
		Sulfură de carbon	46,25	42,6	3
		Cloroform	61,2	56,1	2,5
		Alcool etilic	78,3	78,15	4,43
		Benzen	80,2	69,25	8,83
		Fenol	182	99,6	90,8

Componentul A		Componentul B		Date azeotropice	
Denumire	**p. f. [°C]**	**Denumire**	**p. f. [°C]**	**p. f. [°C]**	**% masă A**
Tetraclorură de carbon	76,75	Acid formic	100,7	66,65	18,5
		Alcool metilic	64,7	55,7	79,44
		Acetonă	56,35	56,28	11,5
		Alcool etilic	78,3	65,08	84,15
Alcool metilic	64,7	Acetonă	56,4	55,7	12
		Acetonitril	81,6	63,45	19
		Benzen	80,2	58,34	39,6
Alcool etilic	78,3	Dioxan	101,4	78,13	90,7
		Acetat de etil	77,05	71,8	30,8
		Benzen	80,2	68,25	32,4
Alcool butilic	117,75	Acetal	103,55	101	13
		Apă	100	92,4	62
		Toluen	110,75	105,7	27
		Eter butilic	141,9	117,25	88
Alcool amilic	137,8	Formiat de amil	132	130,4	43
		Eter butilic	142,1	134	52
		Eter izobutilic	122,1	121,2	10
Nitro-benzen	210,75	Alcool benzilic	205,2	204	42
		Mentol	216,4	208,35	67,3
Benzen	80,2	Ciclohexenă	83,2	79,8	64,5
		Ciclohexan	80,75	77,5	55
		n-Hexan	68,95	68,87	5
		n-Heptan	98,4	80,1	99,3
Fenol	182,2	Anilină	184,35	186,22	42
		Ciclohexanonă	155	184,5	74
		Benzaldehidă	179,2	185,6	51
		Acetofenonă	202,05	202,25	7,8
		Alcool benzilic	205,5	206	7
		Acetat de fenil	195,7	196,6	12
Acid acetic	118,5	Dioxan	100,35	119,5	77
		Piridină	115,5	139,7	35
		Stiren	145,8	116	17
		Trietil-amină	89	162	12,5
		Etil-benzen	136,15	114,65	66
		o-Xilen	143,6	116	76

Tabelul 3.3. Amestecuri azeotrope ternare

Componentul A		Componentul B		Componentul C		Date azeotropice			
Denumire	p. f. [°C]	Denumire	p. f. [°C]	Denumire	p. f. [°C]	% masă A	% masă B	% masă C	p. f. [°C]
Apă	100	Tetraclorură de carbon	76,75	Alcool etilic	78,3	3,4	86,3	10,3	61,8
Apă	100	Sulfură de carbon	46,25	Alcool etilic	78,3	1,6	93,4	5	41,3
Apă	100	Sulfură de carbon	46,25	Acetonă	57	0,81	75,21	23,98	38,04
Apă	100	Triclor-etilenă	86,95	Alcool etilic	78,3	5	69	26	67,25
Apă	100	Triclor-etilenă	86,95	Alcool alilic	96,95	7,5	80	12,5	71,4
Apă	100	Triclor-etilenă	86,95	Alcool propilic	97,2	7	81	12	71,55
Apă	100	Alcool etilic	78,3	Acetat de etil	77,05	7,8	9	83,2	70,3
Apă	100	Alcool etilic	78,3	Benzen	80,2	7,4	18,5	74,1	64,86
Apă	100	Alcool etilic	96,95	Benzen	80,2	7,3	9,1	83,6	68,2
Apă	100	Alcool propilic	97,2	Benzen	80,2	8,6	9	82,4	68,48
Apă	100	Alcool izopropilic	82,45	Benzen	80,2	7,5	18,7	73,8	66,51
Sulfură de carbon	46,25	Alcool metilic	64,7	Bromură de etil	38,4	40	10	50	33,92
Acid clorhidric	-85	Apă	100	Clor-benzen	132,1	5,3	20,2	74,5	96,9
Acid clorhidric	-85	Apă	100	Fenol	181	5,3	20,2	74,5	96,9
Formiat de metil	31,9	Eter etilic	34,5	Pentan	36,15	40	8	52	20,41

3.4. Prepararea unor soluții fotografice

A. Revelatoare pentru developarea filmelor alb-negru

Denumire	Substanța chimică	Necesarul [g/l]	Timpul [min]	Observații
ORWO - 12	Metol	8,0	10-12	Revelator moale cu granulație fină
	Sulfit de sodiu	125,0		
	Carbonat de sodiu	6,0		
	Bromură de potasiu	2,5		
ORWO - 40	Metol	1,5	4-5	Revelator puternic, destinat fotografiilor pentru amatori
	Sulfit de sodiu	18,0		
	Hidrochinonă	2,5		
	Carbonat de sodiu	18,0		
	Bromură de potasiu	1,0		
ORWO - 42	Metol	0,8	8-10	Revelator normal
	Bisulfit de potasiu	4,0		
	Sulfit de sodiu	45,0		
	Hidrochinonă	1,2		
	Carbonat de sodiu	8,0		
	Bromură de potasiu	1,0		
ORWO - 44	Metol	1,5	15-18	Revelator cu borax moale, recomandat în special pentru portrete
	Sulfit de sodiu	80,0		
	Hidrochinonă	3,0		
	Borax	3,0		
	Bromură de potasiu	0,6		
ORWO - 45	Metol	1,0	8-10	Revelator normal cu granulație fină
	Sulfit de sodiu	13,0		
	Hidrochinonă	1,8		
	Carbonat de sodiu	4,5		
	Bromură de potasiu	0,6		
ORWO - 50	Metol	1,8	4-5	Revelator puternic pentru developarea filmelor document
	Sulfit de sodiu	75,0		
	Hidrochinonă	4,5		
	Carbonat de potasiu	37,5		
	Bromură de potasiu	4,5		

B. Revelatoare destinate prelucrării hârtiilor fotografice

Denumire	Substanță chimică	Necesarul [g / l]	Timpul [min]	Observații
ARFO BROM	Metol	1,0	1-2	Revelator universal pentru hârtie ARFO și AZO
	Sulfit de sodiu	25,0		
	Hidrochinonă	3,5		
	Carbonat de sodiu	65,0		
	Bromură de potasiu	1,0		
ORWO - 115	Metol	2,0	2	Revelator special, cu acțiune puternică, destinat hârtiilor ORWO și ARFO și AZO
	Sulfit de sodiu	25,0		
	Hidrochinonă	6,0		
	Carbonat de sodiu	33,0		
	Bromură de potasiu	0,5		
FORTE	Metol	1,0	1-1 1/ 2	Revelator universal pentru hârtie FORTE
	Sulfit de sodiu	22,0		
	Hidrochinonă	6,0		
	Carbonat de sodiu	30,0		
	Bromură de potasiu	1,0		
AGFA - 100	Metol	1,0	1 - 2	Revelator normal pentru hârtie AGFA
	Sulfit de sodiu	13,0		
	Hidrochinonă	3,0		
	Carbonat de sodiu	26,0		
	Bromură de potasiu	1,0		
KODAK D - 136	Metol	2,2	1 - 2	Revelator cu acțiune ușor contrastă, indicat numai pentru hârtiile KODAK
	Sulfit de sodiu	75,0		
	Hidrochinonă	17,0		
	Carbonat de sodiu	65,0		
	Bromură de potasiu	4,0		

C. Fixatoare pentru filme și hârtii fotografice

Soluțiile fixatoare pentru filme și hârtii fotografice se prepară prin dizolvarea a 250 g tiosulfat de sodiu și 25 g metabisulfit de potasiu în 1000 ml apă distilată.

Observație

- Între substanțele anhidre și cele cristalizate există mari diferențe de greutate, după cum rezultă din exemplele de mai jos:
  - 100 g carbonat de sodiu cristalizat = 37 g anhidru;
  - 100 g sulfit de sodiu cristalizat = 50 g anhidru;
  - 100 g tiosulfat de sodiu cristalizat = 64 g anhidru;
  - 100 g sulfat de sodiu cristalizat = 44 g anhidru.

- Cantitățile de reactivi menționate ca fiind necesare la prepararea revelatoarelor și soluțiilor fixatoare corespund substanțelor aflate în stare anhidră;
- Prepararea soluțiilor se face prin dizolvarea succesivă a reactivilor (numai după dizolvarea completă a primului reactiv se adaugă al doilea ș.a.m.d.);
- Prepararea soluțiilor fotografice se va face cu o zi înaintea utilizării lor.

D. Revelatoare folosite în fotografia științifică

Revelatoare pentru plăci

Componentele	AGFA 20	KODAK D-19	DIN 4512
Soluția A			
Metol	4 g	4,4 g	4 g
Hidrochinonă	8 g	17,6 g	10 g
Sulfit de sodiu anhidru	50 g	192,0 g	-
Bromură de potasiu	4 g	10,0 g	2 g
Pirosulfat de sodiu	-	-	30 g
Apă distilată până la:	1000 ml	1500 ml	1000 ml
Soluția B			
Carbonat de sodiu cristalizat	36 g	96 g	-
Carbonat de potasiu	-	-	100 g
Apă distilată până la:	1000 ml	500 ml	1000 ml
Raportul de amestecare	1+1	3+1	1+1
Timpul de developare (min)	5	5	5
Temperatura revelatorului (°C)	18	18	18

Observație. Substanțele se dizolvă în ordinea indicată; cele două soluții (A și B) se amestecă cu puțin timp înainte de utilizare.

Revelator pentru hârtie

Soluția A	*Soluția B*
Hidrochinonă ..... 25 g	Hidroxid de sodiu .... 50 g
Bisulfit de sodiu ..... 25 g	Apă distilată până la 1000 ml
Bromură de potasiu ..... 25 g	
Apă distilată până la ..... 1000 ml	

Observație. La utilizare, soluțiile se amestecă în proporție de 1 + 1. Timpul de developare, folosind soluție prospătă la 17 – 18 °C, este de circa 3 minute.

3.5. Hârtia de filtru utilizată în cromatografie

Hârtia de filtru care se folosește în analiza cromatografică trebuie să fie omogenă, pură și densă.

Tabelul 3.4. Tipurile de hârtie de filtru folosite în cromatografia de partiție și caracteristicile acestora

Tipul de hârtie	Grosimea [mm]	Viteza de migrare
Schleicher Schül 2040 a	0,18 - 0,19	rapidă
Schleicher Schül 2040 b	0,22 - 0,24	rapidă
Schleicher Schül 2043 a	0,18 - 0,19	mijlocie
Schleicher Schül 2043 b	0,20 - 0,22	mijlocie
Schleicher Schül 2045 a	0,16 - 0,17	lentă
Schleicher Schül 2045 b	0,15 - 0,17	lentă
Schleicher Schül 598 G	0,25 - 0,28	rapidă
Schleicher Schül 2315	0,29 - 0,32	rapidă
Schleicher Schül 2316	0,29 - 0,32	rapidă
Schleicher Schül 60	0,16	mijlocie-lentă
Schleicher Schül 607	0,17	lentă
Schleicher Schül 598 YD	0,26	rapidă
Arches 301	0,24	lentă
Arches 301	0,24	lentă
Arches 301	0,32	lentă
Whatman 1	0,16	mijlocie-lentă
Whatman 2	0,18	mijlocie-lentă
Whatman 3	0,36	mijlocie
Whatman 4	0,19	rapidă
Whatman 20	0,16	lentă
31 - extragroasă	0,50	extra-rapidă
54	0,17	rapidă
540	0,15	mijlocie
541	0,16	rapidă

3.6. Schimbători de ioni utilizați în cromatografia de absorbție

În funcție de suportul macromolecular pe care sunt grefate grupările active (ionizabile), schimbătorii de ioni se împart în mai multe categorii:

1)schimbători de ioni pe bază de polistiren sau acid polimetacrilic (rășini schimbătoare de ioni);

2)schimbători de ioni pe bază de dextran (Sephadex);

3)schimbători de ioni pe bază de celuloze (Celux);

Capacitatea de încărcare a schimbătorilor de ioni tip Sephadex sau celuloizici este de 10 ori mai mare în comparație cu schimbătorii tip polistiren (rășini).

După comportarea lor în procesele de schimb ionic,schimbătorii de ioni se grupează în două categorii:

a) cationiți (schimbători de cationi), cu proprietăți acide;

b) anioniți (schimbători de anioni), cu proprietăți bazice;

După natura chimică a grupelor ionizabile, grefate pe rețeaua particulei de rășină, se disting 4 tipuri de schimbători de ioni:

a) rășini puternic acide, ce au grefată gruparea (HSO_3^-);

b) rășini slab acide, ce au grefate grupările (–COOH) și ($-C_6H_5$–OH);

c) rășini puternic bazice, ce au grefate grupările ($-H^+(CH_3)_3$); ($-N^+(CH_3)_2(CH_2C_6H_5)$ și ($-N^+(CH_3)(CH_2C_6H_5)$);

d) rășini slab bazice, ce au grefate grupările ($-NH_2$); (–NH) și (–N).

Caracteristicile fizico-chimice ale rășinilor schimbătoare de ioni (dimensiunile particulelor, gradul de umflare, porozitatea, selectivitatea, capacitatea de schimb ionic, capacitatea maximă, tăria acidă sau bazică, granulația) sunt menționate în prospectul ce însoțește produsul.

Diametrul granulelor uscate a rășinilor schimbătoare de ioni se exprimă în mesh sau în mμ.

Tabelul 3.5. Tipurile de Sephadex-uri utilizate în cromatografia de adsorbție

Tipul de Sephadex	Diametrul particulelor	ml apă reținută / g gel uscat	Volumul gelului ml / g Sephadex uscat	Domeniile de fracționare a proteinelor (GM) pentru:	
				peptide și proteine globulare	dextrani
Sephadex G-10	40 - 120	1,0 ± 0,1	2 - 3	- 700	-700
Sephadex G-15	40 - 120	1,5 ± 0,2	2,5 - 3,5	- 1500	- 1500
Sephadex G-25 grosier	100 - 300	2,5 ± 0,2	4 - 6	1000 - 5000	100 - 5000
Sephadex G-25 mediu	50 - 150	2,5 ± 0,2	4 - 6	1000 - 5000	100 - 5000
Sephadex G-25 fin	20 - 80	2,5 ± 0,2	4 - 6	1000 - 5000	100 - 5000
Sephadex G-25 super fin	10 - 40	2,5 ± 0,2	4 - 6	1000 - 5000	100 - 5000
Sephadex G-50 grosier	100 - 300	5,0 ± 0,3	9 - 11	1500 - 30000	500 - 10000
Sephadex G-50 mediu	50 - 150	5,0 ± 0,3	9 - 11	1500 - 30000	500 - 10000
Sephadex G-50 fin	20 - 80	5,0 ± 0,3	9 - 11	1500 - 30000	500 - 10000
Sephadex G-50 superfin	10 - 40	5,0 ± 0,3	9 - 11	1500 - 30000	500 - 10000
Sephadex G-75	40 - 120	7,5 ± 0,5	12 - 15	3000 - 70000	1000 - 50000
Sephadex G-75 superfin	10 - 40	7,5 ± 0,5	12 - 15	3000 - 70000	1000 - 50000
Sephadex G-100	40 - 120	10 ± 1,0	15 - 20	4000 - 150000	1000 - 100000
Sephadex G-100 superfin	10 - 40	10,0 ± 1,0	15 - 20	4000 - 150000	1000 - 100000

Tipul de Sephadex	Diametrul particulelor	ml apă reținută / g gel uscat	Volumul gelului ml / g Sephadex uscat	Domeniile de fracționare a proteinelor (GM) pentru: peptide și proteine globulare	dextrani
Sephadex G-150	40 - 120	15,0 ± 1,5	20 - 30	5000 - 400000	1000 - 150000
Sephadex G-150 superfin	10 - 40	15,0 ± 1,5	20 - 30	5000 - 400000	1000 - 150000
Sephadex G-200	40 - 120	20,0 ± 2,0	30 - 40	5000 - 800000	1000 - 200000
Sephadex G-200 superfin	10 - 40	20,0 ± 2,0	30 - 40	5000 - 800000	1000 - 200000

Tabelul 3.6. Caracteristicile unor schimbători de ioni pe bază de celuloză

Tipul de schimbător	Schelet	Caracter	Gruparea funcțională	Ionul de schimb
CELLEX-DEAE (D)	Celuloză	Schimbător anionic puternic bazic	$C_2H_4N^+(C_2H_5)_2$	Cl^-
CELLEX-TEAE (T) Trietil-amino-etil	idem	Schimbător anionic puternic bazic	$C_2H_4N^+(C_2H_5)_3$	Cl^-
CELLEX-GE guamido-etil	idem	idem	$C_2H_4NHC(NH_2)=NH_2$	Cl^-
CELLEX-ECTEOLA (E)	idem	Schimbător anionic moderat bazic	amină nedefinită	Cl^-
CELLEX-AE Aminoetil	idem	idem	$C_2H_4-NH_2$	Cl^-
CELLEX-PEI Polietilen imină	idem	idem	$(CH_2-CH_2-NH)_x-CH_2-CH_2-NH_2$	Cl^-
CELLEX-PAB Para-amino-benzil	idem	Schimbător anionic slab bazic	$CH_2-C_6H_4-NH_2$	Cl^-
CELLEX-SE Sulfo-etil	idem	Schimbător cationic puternic acid	$C_2H_4-SO_3-Na^+$	Na^+
CELLEX-P Acid fosforic	idem	Schimbător cationic moderat acid	$PO_3^- - Na_2^+$	Na^+
CELLEX-CM Carboxi metil	idem	Schimbător cationic slab acid	$CH_2-COO-Na^+$	Na^+

Observație. Diametrul granulelor uscate, la toate tipurile de schimbători pe bază de celuloză, prezentate în tabelul de mai sus, este cuprins între 20 și 400 mμ.

Tabelul 3.7. Principalele proprietăți ale unor materiale adsorbante

Materialul adsorbant	Densitatea în vrac a materialului uscat [kg/m³]	Porozitate [%]	Dimensiuni medii de pori [Å]	Suprafața specifică [m²/g]	Capacitatea de adsorbție a materialului uscat [g/g]
Alumină	780	20-30	40	230	0,15 apă la 60% umiditate relativă
Alumină impregnată cu clorură de calciu	910	30	45	200	0,20 apă la 60% umiditate relativă
Alumină catalitică	750	60	45	280-300	
Silicagel	650-830	35-50	30-40	300-900	0,5 apă la 100% umiditate relativă
Alumino-silicați	650-850	40-50	5	600-700	0,22 apă la 100% umiditate relativă
Cărbune activ	450-550	50-60	18-30	800-1600	0,4-0,5 cloropicrină
Polistiren	320-600	40-50	50-100	300-750	
Celuloză				30.000	
Esteri acrilici	670	50	80-200	140-150	

Tabelul 3.8. Schimbători de ioni pe bază de dextran

Tipul de schimbător	Caracterul	Gruparea funcțională	Ionul de schimb	Diametrul granulelor uscate [mμ]
DEAE-Sephadex Dietil-amino-etil A-25; A-50	Schimbător anionic slab bazic	$C_2H_4N^+(C_2H_5)_2$	Cl^-	40–120
QAE-Sephadex Dietil (2 hidroxi-propil) aminoetil	Schimbător anionic puternic bazic	$C_2H_4N(C_2H_5)_2-CH_2-CH(OH)CH_3$	Cl^-	40–120
SE-Sephadex sulfoetil C-25; C-50	Schimbător cationic puternic acid	$C_2H_4SO_3^-$	Na^+	40–120
CM-Sephadex Carboximetil C-25; C-50	Schimbător catonic slab acid	CH_2CO^-	Na^+	40–120

Tipul de schimbător	Caracterul	Gruparea funcțională	Ionul de schimb	Diametrul granulelor uscate [mμ]
SP-Sephadex Sulfo-propil C-25; C-50	Schimbător cationic puternic acid	$C_3H_6SO_3^-$	Na^+	40–120

Tabelul 3.9. Folosirea schimbătorilor de ioni la separarea proteinelor, în funcție de masa moleculară a acestora

Masa moleculară a proteinelor	Tipul de schimbător
Mase moleculare mai mici de 30.000	A25-C25
Mase moleculare medii 30.000 - 200.000	A50-C50
Mase moleculare mai mari ca 200.000	A25-C25

Tabelul 3.10. Durata de îmbibare a Sephadexului

Tipul de Sephadex	Timpul minim de îmbibare la:	
	temperatura camerei	pe baie de apă
G-10; G-15; G-25; G-50	3 ore	1 oră
G-75	24 ore	3 ore
G-100; G-150; G-200	3 zile	5 ore
LH-20	3 ore	-

Tabelul 3.11. Schimbători de ioni pe bază de polistiren

Specificație	Tipul de schimbători	Scheletul moleculei	Gruparea funcțională	Capacitatea de schimb [mEq/g]	Diametrul granulei uscate [mμ]
Cationiți	Dowex-50(X_2)	Polistiren	$-SO_3$	5,0-9,2	50-100 100-200
	Dowex-50(X_4)	Polistiren	$-SO_3$	5,0-9,2	200-400 20-50 50-100 10-200
	Amberlit (XE-64) (IRC-50)	Acid polimetacrilic	–COO	10,0	0-400 20-400
Anioniți	Dowex -2(X_{10})	Polistiren	$-N^+(CH_3)_2$ $-C_2H_4OH$	3,0–3,2	50-100 100-200 200-400
	Dowex -2(X_8)	Polistiren	$-N^+(CH_3)_2$	3,0–3,2	20-50

Specificație	Tipul de schimbători	Scheletul moleculei	Gruparea funcțională	Capacitatea de schimb [mEq/g]	Diametrul granulei uscate [mμ]
					50-100
					100–200
					200–400
	Dowex –2(X_4)	Polistiren	$-N^+(CH_3)_2$	3,0–3,2	
			$-C_2H_4OH$	3,0–3,2	20–50
	Amberlit IRA-400	Polistiren	$-N^+(CH_3)_3$	2,5	200-400

3.7. Relația între concentrațiile unor soluții și densitățile acestor soluții

Tabelul 3.12. Relația dintre concentrațiile soluțiilor de acid clorhidric și densitățile acestor soluții

Densitatea	Concentrația		Densitatea	Concentrația	
la 20°C	g/100 g soluție	moli/l	la 20°C	g/100 g soluție	moli/l
1,000	0,3600	0,09872	1,100	20,39	6,150
1,005	1,360	0,3748	1,105	21,36	6,472
1,010	2,364	0,6547	1,110	22,33	6,796
1,015	3,374	0,9391	1,115	23,29	7,122
1,020	4,388	1,227	1,120	24,25	7,449
1,025	5,408	1,520	1,125	25,22	7,782
1,030	6,433	1,817	1,130	26,20	8,118
1,035	7,464	2,118	1,135	27,18	8,459
1,040	8,490	2,421	1,140	28,18	8,809
1,045	9,510	2,725	1,145	29,17	9,159
1,050	10,52	3,029	1,150	30,14	9,505
1,055	11,52	3,333	1,155	31,14	9,863
1,060	12,51	3,638	1,160	32,14	10,225
1,065	13,50	3,944	1,165	33,16	10,595
1,070	14,495	4,253	1,170	34,18	10,97
1,075	15,485	4,565	1,175	35,20	11,34
1,080	16,47	4,878	1,180	36,23	11,73
1,085	17,45	5,192	1,185	37,27	12,11
1,090	18,43	5,5095	1,190	38,32	12,50
1,095	19,41	5,829	1,195	39,37	12,90
			1,198	40,00	13,14

Tabelul 3.13. Relația dintre concentrațiile soluțiilor de acid sulfuric și densitățile acestora

Densitatea	Concentrația		Densitatea	Concentrația	
la 20°C	g/100 g soluție	moli/l	la 20°C	g/100 g soluție	moli/l
1,000	0,2609	0,02660	1,175	24,58	2,945
1,005	0,9855	0,1010	1,180	25,21	3,033
1,010	1,731	0,1783	1,185	25,84	3,122
1,015	2,485	0,2595	1,190	26,47	3,211
1,020	3,242	0,3372	1,195	27,10	3,302
1,025	4,000	0,4180	1,200	27,72	3,391
1,030	4,746	0,4983	1,205	28,33	3,481
1,035	5,493	0,5796	1,210	28,95	3,572
1,040	6,237	0,6613	1,215	29,57	3,663
1,045	6,956	0,7411	1,220	30,18	3,754
1,050	7,704	0,8250	1,225	30,79	3,846
1,055	8,415	0,9054	1,230	31,40	3,938
1,060	9,129	0,9865	1,235	32,01	4,032
1,065	9,843	1,066	1,240	32,61	4,123
1,070	10,56	1,152	1,245	33,22	4,216
1,075	11,26	1,235	1,250	33,82	4,310
1,080	11,96	1,317	1,255	34,42	4,404
1,085	12,66	1,401	1,260	35,01	4,498
1,090	13,36	1,484	1,265	35,60	4,592
1,095	14,04	1,567	1,270	36,19	4,686
1,100	14,73	1,652	1,275	36,78	4,781
1,105	15,41	1,735	1,280	37,36	4,876
1,110	16,08	1,820	1,285	37,95	4,972
1,115	16,76	1,905	1,290	38,53	5,068
1,120	17,43	1,990	1,295	39,10	5,163
1,125	18,09	2,075	1,300	39,68	5,259
1,130	18,76	2,161	1,305	40,25	5,356
1,135	19,42	2,247	1,310	40,82	5,452
1,140	20,08	2,334	1,315	41,39	5,549
1,145	20,73	2,420	1,320	41,95	5,646
1,150	21,38	2,507	1,325	42,51	5,743
1,155	22,03	2,594	1,330	43,07	5,840
1,160	22,67	2,681	1,335	43,62	5,938
1,165	23,31	2,768	1,340	44,17	6,035
1,170	23,95	2,857	1,345	44,72	6,132

Densitatea	Concentrația		Densitatea	Concentrația	
la 20°C	g/100 g soluție	moli/l	la 20°C	g/100 g soluție	moli/l
1,350	45,26	6,229	1,535	63,36	9,916
1,355	45,80	6,327	1,540	63,81	10,02
1,360	46,33	6,424	1,545	64,26	10,12
1,365	46,86	6,522	1,550	64,71	10,23
1,370	47,39	6,620	1,555	65,15	10,33
1,375	47,92	6,718	1,560	65,59	10,43
1,380	48,45	6,817	1,565	66,03	10,54
1,385	48,97	6,915	1,570	66,47	10,64
1,390	49,48	7,012	1,575	66,91	10,74
1,395	49,99	7,11	1,580	67,35	10,85
1,400	50,50	7,208	1,585	67,79	10,96
1,405	51,01	7,307	1,590	68,23	11,06
1,410	51,52	7,406	1,595	68,66	11,16
1,415	52,02	7,505	1,600	69,09	11,27
1,420	52,51	7,603	1,605	69,53	11,38
1,425	53,01	7,702	1,610	69,96	11,48
1,430	53,50	7,801	1,615	70,39	11,59
1,435	54,00	7,901	1,620	70,82	11,70
1,440	54,49	8,000	1,625	71,25	11,80
1,445	54,97	8,099	1,630	71,67	11,91
1,450	55,45	8,198	1,635	72,09	12,02
1,455	55,93	8,297	1,640	72,52	12,13
1,460	56,41	8,397	1,645	72,95	12,24
1,465	56,89	8,497	1,650	73,37	12,34
1,470	57,36	8,598	1,655	73,80	12,45
1,475	57,84	8,699	1,660	74,22	12,56
1,480	58,31	8,799	1,665	74,64	12,67
1,485	58,78	8,899	1,670	75,07	12,78
1,490	59,24	9,000	1,675	75,49	12,89
1,495	59,70	9,100	1,680	75,92	13,00
1,500	60,17	9,202	1,685	76,34	13,12
1,505	60,62	9,303	1,690	76,77	13,23
1,510	61,08	9,404	1,695	77,20	13,34
1,515	61,54	9,506	1,700	77,63	13,46
1,520	62,00	9,608	1,705	78,06	13,57
1,525	62,45	9,711	1,710	78,49	13,69
1,530	62,91	9,813	1,715	78,93	13,80

Densitate	Concentrația		Densitate	Concentrația	
la 20°C	g/100 g soluție	moli/l	la 20°C	g/100 g soluție	moli/l
1,720	97,37	13,92	1,810	89,23	16,47
1,725	79,81	14,04	1,815	90,12	16,68
1,730	80,25	14,16	1,820	91,11	16,91
1,735	80,70	14,28	1,821	91,33	16,96
1,740	81,16	14,40	1,822	91,56	17,01
1,745	81,62	14,52	1,823	91,78	17,06
1,750	82,09	14,65	1,824	92,00	17,11
1,755	82,57	14,78	1,825	92,25	17,17
1,760	83,06	14,90	1,826	92,51	17,22
1,765	83,57	15,04	1,827	92,77	17,28
1,770	84,08	15,17	1,828	93,03	17,34
1,775	84,61	15,31	1,829	93,33	17,40
1,780	85,16	15,46	1,830	93,64	17,47
1,785	85,74	15,61	1,831	93,94	17,54
1,790	86,35	15,76	1,832	94,32	17,62
1,795	86,99	15,92	1,833	94,72	17,70
1,800	87,69	16,09	1,834	95,12	17,79
1,805	88,43	16,27	1,835	95,72	17,91

Tabelul 3.14. Relația dintre concentrațiile soluțiilor de acid fosforic și densitățile acestora

Densitatea	Concentrația		Densitatea	Concentrația	
la 20°C	g/100 g soluție	moli/l	la 20°C	g/100 g soluție	moli/l
1,000	0,296	0,030	1,065	12,06	1,311
1,005	1,222	0,1253	1,070	12,92	1,411
1,010	2,148	0,2214	1,075	13,76	1,510
1,015	3,074	0,3184	1,080	14,60	1,609
1,020	4,000	0,4164	1,085	15,43	1,708
1,025	4,926	0,5152	1,090	16,26	1,807
1,030	5,836	0,6134	1,095	17,07	1,906
1,035	6,745	0,7124	1,100	17,87	2,005
1,040	7,643	0,8110	1,105	18,68	2,105
1,045	8,536	0,9110	1,110	19,46	2,204
1,050	9,429	1,010	1,115	20,25	2,304
1,055	10,32	1,111	1,120	21,03	2,403
1,060	11,19	1,210	1,125	21,80	2,502

Densitatea	Concentrația		Densitatea	Concentrația	
la 20°C	g/100 g soluție	moli/l	la 20°C	g/100 g soluție	moli/l
1,130	22,56	2,602	1,320	48,30	6,506
1,135	23,32	2,702	1,325	48,89	6,610
1,140	24,07	2,800	1,330	49,48	6,716
1,145	24,82	2,900	1,335	50,07	6,822
1,150	25,57	3,000	1,340	50,66	6,928
1,155	26,31	3,101	1,345	51,25	7,570
1,160	27,05	3,203	1,350	51,84	7,141
1,165	27,78	3,304	1,355	52,42	7,247
1,170	28,51	3,404	1,360	53,00	7,355
1,175	29,23	3,505	1,365	53,57	7,463
1,180	29,94	3,606	1,370	54,14	7,678
1,185	30,65	3,707	1,375	54,71	7,678
1,190	31,35	3,806	1,380	55,28	7,784
1,195	32,05	3,908	1,385	55,85	7,894
1,200	32,75	4,010	1,390	56,42	8,004
1,205	33,44	4,112	1,395	56,98	8,112
1,210	34,13	4,215	1,400	57,54	8,221
1,215	34,82	4,317	1,405	58,09	8,328
1,220	35,50	4,420	1,410	58,64	8,437
1,225	36,17	4,522	1,415	59,19	8,547
1,230	36,84	4,624	1,420	59,74	8,658
1,235	37,51	4,727	1,425	60,29	9,766
1,240	38,17	4,829	1,430	60,84	8,878
1,245	38,83	4,932	1,435	61,38	8,989
1,250	39,49	5,036	1,440	61,92	9,099
1,255	40,14	5,140	1,445	62,45	9,208
1,260	40,79	5,245	1,450	62,98	9,322
1,265	41,44	5,350	1,455	63,51	9,432
1,270	42,09	5,454	1,460	64,03	9,541
1,275	42,73	5,559	1,465	64,55	9,651
1,280	43,37	5,655	1,470	65,07	9,761
1,285	44,00	5,771	1,475	65,58	9,870
1,290	44,63	5,875	1,480	66,09	9,982
1,295	45,26	5,981	1,485	66,60	10,09
1,300	45 88	6,087	1,490	67,10	10,21
1,305	46,49	6,191	1,495	67,60	10,31
1,310	47,10	6,296	1,500	68,10	10,42
1,315	47,70	6,400	1,505	68,60	10,53

Densitatea	Concentrația		Densitatea	Concentrația	
la 20°C	g/100 g soluție	moli/l	la 20°C	g/100 g soluție	moli/l
1,510	69,09	10,64	1,695	85,96	14,87
1,515	69,58	10,76	1,700	86,38	14,98
1,520	70,07	10,86	1,705	86,80	15,10
1,525	70,56	10,98	1,710	87,22	15,22
1,530	71,04	11,09	1,715	87,64	15,33
1,535	71,52	11,20	1,720	88,06	15,45
1,540	72,00	11,32	1,725	88,48	15,57
1,545	72,48	11,42	1,730	88,90	15,70
1,550	72,95	11,53	1,735	89,31	15,81
1,555	73,42	11,65	1,740	89,72	15,93
1,560	73,89	11,76	1,745	90,13	16,04
1,565	74,36	11,88	1,750	90,54	16,16
1,570	74,83	11,99	1,755	90,95	16,29
1,575	75,30	12,11	1,760	91,36	16,41
1,580	75,76	12,22	1,765	91,77	16,53
1,585	76,22	12,33	1,770	92,17	16,65
1,590	76,68	12,45	1,775	92,57	16,77
1,595	77,14	12,56	1,780	92,97	16,89
1,600	77,60	12,67	1,785	93,37	17,00
1,605	78,05	12,78	1,790	93,77	17,13
1,610	78,50	12,90	1,795	94,17	17,25
1,615	78,95	13,01	1,800	94,57	17,37
1,620	79,40	13,12	1,805	94,97	17,50
1,625	79,85	13,24	1,810	95,37	17,62
1,630	80,30	13,36	1,815	95,76	17,74
1,635	80,75	13,48	1,820	96,15	17,85
1,640	81,20	13,59	1,825	96,54	17,98
1,645	81,64	13,71	1,830	96,93	18,10
1,650	82,08	13,82	1,835	97,32	18,23
1,655	82,52	13,94	1,840	97,71	18,34
1,660	82,96	14,06	1,845	98,10	18,47
1,665	83,39	14,17	1,850	98,48	18,60
1,670	83,82	14,29	1,855	98,86	18,72
1,675	84,25	14,40	1,860	99,24	18,84
1,680	84,68	14,52	1,865	99,62	18,96
1,685	85,11	14,63	1,870	100,00	19,08
1,690	85,54	14,75			

Tabelul 3.15. Relația dintre concentrațiile soluțiilor de acid azotic și densitățile acestora

Densitatea	Concentrația		Densitatea	Concentrația	
la 20°C	g/100 g soluție	moli/l	la 20°C	g/100 g soluție	moli/l
1,000	0,333	0,05231	1,175	29,25	5,455
1,005	1,255	0,2001	1,180	30,00	5,618
1,010	2,164	0,3468	1,185	30,74	5,780
1,015	3,073	0,4950	1,190	31,74	5,943
1,020	3,982	0,6445	1,195	32,21	6,107
1,025	4,883	0,7943	1,200	32,94	6,273
1,030	5,784	0,9454	1,205	33,68	6,440
1,035	6,661	1,094	1,210	34,41	6,607
1,040	7,530	1,243	1,215	35,16	6,778
1,045	8,398	1,393	1,220	35,93	6,956
1,050	9,259	1,543	1,225	36,70	7,135
1,055	10,12	1,694	1,230	37,48	7,315
1,060	10,97	1,845	1,235	38,25	7,497
1,065	11,81	1,997	1,240	39,02	7,679
1,070	12,65	12,148	1,245	39,80	7,863
1,075	13,48	2,301	1,250	40,58	8,049
1,080	14,31	2,453	1,255	41,36	8,237
1,085	15,13	2,605	1,260	42,14	8,426
1,090	15,95	2,759	1,265	42,92	8,616
1,095	16,76	2,913	1,270	43,70	8,808
1,100	17,58	3,068	1,275	44,48	9,001
1,105	18,39	3,224	1,280	45,25	9,195
1,110	19,19	3,381	1,285	46,06	9,394
1,115	20,00	3,359	1,290	46,85	9,590
1,120	20,79	3,695	1,295	47,63	9,789
1,125	21,59	3,854	1,300	48,42	9,990
1,130	22,38	4,012	1,305	49,21	10,19
1,135	23,16	4,171	1,310	50,00	10,39
1,140	23,94	4,330	1,315	50,85	10,61
1,145	24,71	4,489	1,320	51,71	10,83
1,150	25,48	4,649	1,325	52,56	11,05
1,155	26,24	4,810	1,330	53,41	11,27
1,160	27,00	4,970	1,335	54,27	11,49
1,165	27,76	5,132	1,340	55,13	11,72
1,170	28,51	5,293	1,345	56,04	11,96

Densitatea	Concentrația		Densitatea	Concentrația	
la 20°C	g/100 g soluție	moli/l	la 20°C	g/100 g soluție	moli/l
1,350	56,96	12,20	1,460	82,39	19,09
1,355	57,87	12,44	1,465	83,91	19,51
1,360	58,78	12,68	1,470	85,50	19,95
1,365	59,69	12,93	1,475	87,29	20,43
1,370	60,67	13,19	1,480	89,07	20,92
1,375	61,69	13,46	1,485	91,13	21,48
1,380	62,70	13,73	1,490	93,49	22,11
1,385	63,72	14,01	1,495	95,46	22,65
1,390	64,74	14,29	1,500	96,73	23,02
1,395	65,84	14,57	1,501	96,98	23,10
1,400	66,97	14,88	1,502	97,23	23,18
1,405	68,10	15,18	1,503	97,49	23,25
1,410	69,23	15,49	1,504	97,74	23,33
1,415	70,39	15,81	1,505	97,99	23,40
1,420	71,63	16,14	1,506	98,25	23,48
1,425	72,86	16,47	1,507	98,50	23,56
1,430	74,09	16,81	1,508	98,76	23,63
1,435	75,35	17,14	1,509	99,01	23,71
1,440	76,71	17,53	1,510	99,26	23,79
1,445	78,07	17,90	1,511	99,52	23,86
1,450	79,43	18,28	1,512	99,77	23,94
1,455	80,88	18,68	1,513	100,00	24,01

Tabelul 3.16. Relația dintre concentrațiile soluțiilor de acid acetic și densitățile acestora

Densitatea	Concentrația		Densitatea	Concentrația	
la 20°C	g/100 g soluție	moli/l	la 20°C	g/100 g soluție	moli/l
1,000	1,20	0,200	1,050	40,2	7,03
1,005	4,64	0,777	1,055	46,9	8,24
1,010	8,14	1,37	1,060	53,4	9,43
1,015	11,7	1,98	1,065	61,4	10,9
1,020	15,4	2,61	1,070	77-79*	13,7-14,1
1,025	19,2	3,27	1,065*	91,2	16,2
1,030	23,1	3,96	1,060	95,4	16,8
1,035	27,2	4,68	1,055	98,0	17,2
1,040	31,6	5,46	1,050	99,9	17,5
1,045	36,2	6,30			

*) Creșterea concentrației acidului acetic peste 1,070 g/cm^3, conduce la o micșorare a densității, obținându-se valori care au mai fost întâlnite (exemplu, la densitatea de 1,060 concentrația soluției va fi 53,4 sau 95,4%. Din această cauză, pentru a stabili care dintre cele două concentrații posibile corespund unei densități aflate, se adaugă puțină apă în proba de acid acetic; dacă densitatea scade, trebuie luată concentrația mai mică, iar dacă densitatea crește, atunci se ia concentrația mai mare.

Tabelul 3.17. Relația dintre concentrația soluțiilor de amoniac și densitățile acestora

Densitatea	Concentrația		Densitatea	Concentrația	
la 20°C	g/100 g soluție	moli/l	la 20°C	g/100 g soluție	moli/l
0,998	0,0465	0,0273	0,938	15,47	8,52
0,996	0,512	0,299	0,936	16,06	8,83
0,994	0,977	0,570	0,934	16,65	9,13
0,992	1,43	0,834	0,932	17,24	9,44
0,990	1,89	1,10	0,930	17,85	9,75
0,988	2,35	1,365	0,928	18,45	10,06
0,986	2,82	1,635	0,926	19,06	10,37
0,984	3,30	1,91	0,924	19,67	10,67
0,982	3,78	2,18	0,922	20,27	10,97
0,980	4,27	2,46	0,920	20,88	11,28
0,978	4,76	2,73	0,918	21,50	11,59
0,976	5,25	3,01	0,916	22,125	11,90
0,974	5,75	3,29	0,914	22,75	12,21
0,972	6,25	3,57	0,912	23,39	12,52
0,970	6,75	3,84	0,910	24,03	12,84
0,968	7,26	4,12	0,908	24,68	13,16
0,966	7,77	4,41	0,906	25,33	13,48
0,964	8,29	4,69	0,904	26,00	13,80
0,962	8,82	4,98	0,902	26,67	14,12
0,960	9,34	5,27	0,900	27,33	14,44
0,958	9,87	5,55	0,898	28,00	14,76
0,956	10,405	5,84	0,896	28,67	15,08
0,954	10,95	6,13	0,894	29,33	15,40
0,952	11,49	6,42	0,892	30,00	15,71
0,950	12,03	6,71	0,890	30,685	16,04
0,948	12,58	7,00	0,888	31,37	16,36
0,946	13,14	7,29	0,886	32,09	16,69
0,944	13,71	7,60	0,884	32,84	17,05
0,942	14,29	7,91	0,882	33,595	17,40
0,940	14,88	8,21	0,880	34,35	17,75

Tabelul 3.18. Densitatea apei la diferite temperaturi

Temperatura [°C]	Densitatea [g/ cm³]	Temperatura [°C]	Densitatea [g/ cm³]	Temperatura [°C]	Densitatea [g/ cm³]
0,0	0,999868	13,5	0,999339	27,0	0,996539
0,5	0,999899	14,0	0,999271	27,5	0,996400
1,0	0,999927	14,5	0,999200	28,0	0,996259
1,5	0,999950	15,0	0,999126	28,5	0,996116
2,0	0,999968	15,5	0,999050	29,0	0,995971
2,5	0,999982	16,0	0,998970	29,5	0,995823
3,0	0,999992	16,5	0,998887	30,0	0,995673
3,5	0,999998	17,0	0,998801	30,5	0,995521
4,0	1,000000	17,5	0,998713	31,0	0,995367
4,5	0,999998	18,0	0,998622	31,5	0,995211
5,0	0,999992	18,5	0,998528	32,0	0,995052
5,5	0,999982	19,0	0,998432	32,5	0,994892
6,0	0,999968	19,5	0,998332	33,0	0,994729
6,5	0,999951	20,0	0,998230	33,5	0,994564
7,0	0,999929	20,5	0,998126	34,0	0,994398
7,5	0,999904	21,0	0,998019	34,5	0,994229
8,0	0,999876	21,5	0,997909		
8,5	0,999844	22,0	0,997797		
9,0	0,999808	22,5	0,997682	40,0	0,99224
9,5	0,999769	23,0	0,997565	50,0	0,98807
10,0	0,999727	23,5	0,997445	60,0	0,98324
10,5	0,999681	24,0	0,997323	70,0	0,97781
11,0	0,999632	24,5	0,997198	80,0	0,97183
11,5	0,999580	25,0	0,997071	90,0	0,96534
12,0	0,999525	25,5	0,996941	100,0	0,95338
12,5	0,999466	26,0	0,996810	150,0	0,91730
13,0	0,999404	26,5	0,996676	200,0	0,86280

3.8. Constante de disociere la temperatură obişnuită

Tabelul 3.19. Constantele de disociere ale acizilor anorganici

Nr. crt.	Acidul	Formula chimică	Constanta de disociere
1	Arsenic	H_3AsO_4	K_1 6,62 · 10^{-3} K_2 1,70 · 10^{-7} K_3 5,95 · 10^{-12}

Nr. crt.	Acidul	Formula chimică	Constanta de disociere
2	Arsenios	H_3AsO_3	$K_1\ 4 \cdot 10^{-10}$ $K_2\ 3 \cdot 10^{-14}$
3	Azothidric	HN_3	$2{,}14 \cdot 10^{-5}$
4	Azotos	HNO_2	$4 \cdot 10^{-4}$
5	Boric	H_3BO_3	$K_1\ 5{,}8 \cdot 10^{-10}$ $K_2\ 1{,}8 \cdot 10^{-13}$ $K_3\ 1{,}6 \cdot 10^{-14}$
6	Carbonic	H_2CO_3	$K_1\ 3{,}72 \cdot 10^{-7}$ $K_2\ 5{,}73 \cdot 10^{-11}$
7	Cianhidric	HCN	$7{,}2 \cdot 10^{-10}$
8	Cloros	$HClO_2$	10^{-2}
9	Cromic	H_2CrO_4	$K_1\ 1{,}8 \cdot 10^{-1}$ $K_2\ 3{,}2 \cdot 10^{-7}$
10	Cianic	HCON	$1{,}2 \cdot 10^{-4}$
11	Fluorhidric	HF	$7{,}2 \cdot 10^{-4}$
12	Fosforic	H_3PO_4	$K_1\ 7{,}52 \cdot 10^{-3}$ $K_2\ 6{,}23 \cdot 10^{-8}$ $K_3\ 1{,}3 \cdot 10^{-12}$
13	Fosforos	H_3PO_3	$K_1\ 1{,}6 \cdot 10^{-2}$ $K_2\ 7 \cdot 10^{-7}$
14	Hipocloros	HClO	$3{,}16 \cdot 10^{-8}$
15	Hipobromos	HBrO	$2 \cdot 10^{-9}$
16	Hipoiodos	HIO	$2 \cdot 10^{-11}$
17	Hiposulfuros	$H_2S_2O_4$	$4 \cdot 10^{-3}$
18	Hipofosforos	H_3PO_2	10^{-2}
19	Iodic	HIO_3	$1{,}67 \cdot 10^{-1}$
20	Osmic	H_2OsO_5	$8 \cdot 10^{-13}$
21	Pirofosforic	$H_4P_2O_7$	$K_1\ 1{,}4\ 10^{-1}$ $K_2\ 1{,}1 \cdot 10^{-2}$ $K_3\ 2{,}1 \cdot 10^{-7}$ $K_4\ 4{,}06 \cdot 10^{-10}$
22	Selenic	H_2SeO_4	$K\ 10^{-2}$
23	Selenios	H_2SeO_3	$K_1\ 3 \cdot 10^{-3}$ $K_2\ 5 \cdot 10^{-8}$
24	Silicic	H_2SiO_3	$K_1\ 10^{-10}$ $K_2\ 10^{-12}$
25	Sulfuric	H_2SO_4	$K\ 1{,}2 \cdot 10^{-2}$
26	Sulfuros	H_2SO_3	$K_1\ 1{,}72 \cdot 10^{-2}$ $K_2\ 6{,}24 \cdot 10^{-8}$
27	Sulfhidric	H_2S	$K_1\ 3{,}31 \cdot 10^{-7}$ $K_2\ 2 \cdot 10^{-15}$
28	Stibic	H_3SbO_4	$K\ 4 \cdot 10^{-5}$

Nr. crt.	Acidul	Formula chimică	Constanta de disociere
29	Stibios	H_3SbO_3	K 10^{-11}
30	Tiocianic	HSCN	K 10^{-4}
31	Teluros	H_2TeO_3	K_1 $3 \cdot 10^{-3}$
			K_2 $2 \cdot 10^{-8}$

Tabelul 3.20. Constantele de disociere ale acizilor organici, la temperatura obișnuită

Nr. crt.	Acidul	Formula chimică	Constanta de disociere
1	Acetic	CH_3COOH	K $1,75 \cdot 10^{-5}$
2	Adipic	$(CH_2)_4(COOH)_2$	K_1 $3,70 \cdot 10^{-5}$
			K_2 $3,86 \cdot 10^{-6}$
3	Ascorbic	$C_6H_8O_6$	K_1 $7,94 \cdot 10^{-5}$
			K_2 $1,62 \cdot 10^{-12}$
4	Acetilacetic	CH_3-COCH_2-COOH	K $2,62 \cdot 10^{-4}$
5	Barbituric	$C_4H_4O_3N_2$	K $1,05 \cdot 10^{-4}$
6	Benzoic	C_6H_5COOH	K $6,30 \cdot 10^{-5}$
7	*m*– Br– benzoic	$C_6H_4BrCOOH$	K_1 $1,54 \cdot 10^{-4}$
8	*o*– Br– benzoic	$C_6H_4BrCOOH$	K_2 $1,40 \cdot 10^{-3}$
9	*p*– Br– benzoic	$C_6H_4BrCOOH$	K_3 $1,07 \cdot 10^{-4}$
10	*o*– Br– fenilacetic	$C_6H_4BrCH_2COOH$	K_1 $8,84 \cdot 10^{-5}$
11	*p*– Br– fenilacetic	$C_6H_4BrCH_2COOH$	K_2 $6,49 \cdot 10^{-5}$
12	a– Br– propionic	$C_2H_4BrCOOH$	K_1 $1,06 \cdot 10^{-3}$
13	b– Br– propionic	$C_2H_4BrCOOH$	K_2 $9,5 \cdot 10^{-5}$
14	*n*– Butiric	$CH_3(CH_2)C_2OOH$	K $1,506 \cdot 10^{-5}$
15	Camforic	$C_8H_{14}(COOH)_2$	K_1 $2,7 \cdot 10^{-5}$
			K_2 $8 \cdot 10^{-6}$
16	*n*– Caprilic	$CH_3(CH_2)_6COOH$	K $1,27 \cdot 10^{-5}$
17	*n*– Caprionic	$CH_3(CH_2)_4COOH$	K $1,32 \cdot 10^{-5}$
18	Cianhidric	HCN	K $7,2 \cdot 10^{-10}$
19	Citric	$C_6H_8O_7$	K_1 $8,7 \cdot 10^{-4}$
			K_2 $1,8 \cdot 10^{-5}$
			K_3 $4,0 \cdot 10^{-6}$
20	*m*– Cl– benzoic	$C_6H_4ClCOOH$	K_1 $1,506 \cdot 10^{-4}$
21	*o*– Cl– benzoic	$C_6H_4ClCOOH$	K_2 $1,197 \cdot 10^{-3}$
22	*p*– Cl– benzoic	$C_6H_4ClCOOH$	K_3 $1,040 \cdot 10^{-4}$
23	*m*– Cl– fenilacetic	$C_6H_4ClCH_2COOH$	K_1 $7,24 \cdot 10^{-5}$
24	*o*– Cl– fenilacetic	$C_6H_4ClCH_2COOH$	K_2 $8,60 \cdot 10^{-5}$
25	*p*– Cl– fenilacetic	$C_6H_4ClCH_2COOH$	K_3 $6,45 \cdot 10^{-5}$
26	*cis*– Crotonic	$CH_3(CH_2)_2COOH$	K $2,0 \cdot 10^{-15}$
27	Dietil– acetic	$(C_2H_5)_2CHCOOH$	K $1,78 \cdot 10^{-5}$
28	Dietil– barbituric	$(C_2H_5)_2C(COHN)_2CO$	K $3,7 \cdot 10^{-8}$
29	Dietil– malonic	$(C_2H_5)_2C(COOH)_2$	K $7,08 \cdot 10^{-4}$

Nr. crt.	Acidul	Formula chimică	Constanta de disociere
30	Diclor–acetic	$CHCl_2COOH$	$K\ 5 \cdot 10^{-2}$
31	*o*–Difenil–carboxilic	$C_{12}H_9COOH$	$K\ 3{,}47 \cdot 10^{-4}$
32	Dimetil–malonic	$(CH_3)_2CHCOOH$	$K\ 7{,}06 \cdot 10^{-5}$
33	2,4–Dinitro–fenil–acetic	$C_8H_6O_6N_2$	$K\ 3{,}15 \cdot 10^{-4}$
34	Fenil–acetic	$C_6H_5CH_2COOH$	$K\ 4{,}88 \cdot 10^{-5}$
35	Fenil–malonic	$C_9H_8O_4$	$K\ 2{,}77 \cdot 10^{-3}$
36	β–Fenil–propionic	$C_9H_{10}O_2$	$K\ 2{,}19 \cdot 10^{-5}$
37	*m*–Fluor–benzoic	C_6H_4FCOOH	$K_1\ 1{,}37 \cdot 10^{-4}$
38	*o*–Fluor–benzoic	C_6H_4FCOOH	$K_2\ 5{,}41 \cdot 10^{-4}$
39	*p*–Fluor–benzoic	C_6H_4FCOOH	$K_3\ 7{,}22 \cdot 10^{-4}$
40	Formic	$HCOOH$	$K\ 1{,}77 \cdot 10^{-4}$
41	*m*–Ftalic	$C_6H_4(COOH)_2$	$K_1\ 2{,}9 \cdot 10^{-4}$
42	*o*–Ftalic	$C_6H_4(COOH)_2$	$K_1\ 1{,}3 \cdot 10^{-3}$ $K_2\ 3{,}9 \cdot 10^{-5}$
43	Fumaric	$C_2H_2(COOH)_2$	$K_1\ 9{,}3 \cdot 10^{-4}$ $K_2\ 3{,}4 \cdot 10^{-5}$
44	Galic	$C_6H_2(OH)_3COOH$	$K\ 4 \cdot 10^{-5}$
45	Glicolic	$CH_2OHCOOH$	$K\ 1{,}54 \cdot 10^{-4}$
46	*m*–Iod–benzoic	C_6H_4ICOOH	$K\ 1{,}41 \cdot 10^{-4}$
47	*o*–Iod–benzoic	C_6H_4ICOOH	$K\ 1{,}37 \cdot 10^{-3}$
48	*m*–Iod–fenil–acetic	$C_6H_4ICH_2COOH$	$K_1\ 6{,}93 \cdot 10^{-5}$
49	*o*–Iod–fenil–acetic	$C_6H_4ICH_2COOH$	$K_2\ 9{,}16 \cdot 10^{-5}$
50	*p*–Iod–fenil–acetic	$C_6H_4ICH_2COOH$	$K_3\ 6{,}64 \cdot 10^{-5}$
51	Izobutiric	$(CH_3)_2CHCOOH$	$K\ 1{,}55 \cdot 10^{-5}$
52	Izocrotronic	$CH_3(CH_2)COOH$	$K\ 3{,}5 \cdot 10^{-5}$
53	Izovalerianic	$(CH_3)CHCH_2COOH$	$K\ 1{,}68 \cdot 10^{-5}$
54	Lactic	$CH_3CHOHCOOH$	$K\ 1{,}37 \cdot 10^{-4}$
55	Maleic	$C_2H_2(COOH)_2$	$K_1\ 1{,}0 \cdot 10^{-2}$ $K_2\ 5{,}5 \cdot 10^{-7}$
56	Malic	$CH_2CHOH(COOH)_2$	$K_1\ 4 \cdot 10^{-4}$ $K_2\ 9 \cdot 10^{-6}$
57	Malonic	$CH_2(COOH)_2$	$K_1\ 1{,}397 \cdot 10^{-3}$ $K_2\ 8{,}0 \cdot 10^{-7}$
58	Metil–fumaric	$CH_3CH_2H(COOH)_2$	$K_1\ 7{,}75 \cdot 10^{-4}$
59	Metil–malonic	$CH_3CH(COOH)_2$	$K_1\ 8{,}47 \cdot 10^{-5}$
60	Monobrom–acetic	$CH_2BrCOOH$	$K\ 1{,}35 \cdot 10^{-3}$
61	Monoclor–acetic	$CH_2ClCOOH$	$K\ 1{,}396 \cdot 10^{-3}$
62	*m*–Nitro–benzoic	$C_6H_4NO_2COOH$	$K_1\ 3{,}21 \cdot 10^{-4}$
63	*o*–Nitro–benzoic	$C_6H_4NO_2COOH$	$K_2\ 6{,}71 \cdot 10^{-3}$
64	*p*–Nitro–benzoic	$C_6H_4NO_2COOH$	$K_3\ 3{,}76 \cdot 10^{-4}$
65	Oxalic	$(COOH)_2$	$K_1\ 6{,}5 \cdot 10^{-2}$ $K_2\ 6{,}1 \cdot 10^{-5}$

Nr. crt.	Acidul	Formula chimică	Constanta de disociere
66	Picric	$C_6H_2(NO_2)_3OH$	K $4{,}2 \cdot 10^{-1}$
67	Propionic	C_2H_5COOH	K $1{,}343 \cdot 10^{-5}$
68	Salicilic	$C_6H_4OHCOOH$	K_1 $1{,}06 \cdot 10^{-3}$
			K_2 $3{,}6 \cdot 10^{-14}$
69	Succinic	$(CH_2)_2(COOH)_2$	K_1 $6{,}89 \cdot 10^{-5}$
			K_2 $2{,}47 \cdot 10^{-6}$
70	Sulfanilic	$C_6H_4NH_2SO_3H$	K $6{,}5 \cdot 10^{-4}$
71	Tartric	$C_2H_2(OH)_2(COOH)_2$	K_1 $9{,}6 \cdot 10^{-4}$
			K_2 $2{,}9 \cdot 10^{-5}$
72	Triclor–acetic	CCl_3COOH	$1{,}3 \cdot 10^{-1}$
73	Trimetil–acetic	$C(CH_3)COOH$	$8{,}91 \cdot 10^{-6}$
74	Uric	$C_5H_4N_4O_3$	$2 \cdot 10^{-4}$
75	Valerianic	$CH_3(CH_2)_3COOH$	$1{,}56 \cdot 10^{-5}$
76	Vinil–acetic	CH_2CHCH_2COOH	$4{,}48 \cdot 10^{-5}$

Tabelul 3.21. Constantele de disociere ale unor baze anorganice, la temperatura obișnuită

Nr. crt.	Denumirea bazei	Formula chimică	Constanta de disociere
1	Hidroxid de argint	AgOH	$1{,}1 \cdot 10^{-4}$
2	Hidroxid de beriliu	$Be(OH)_2$	K_2 $5 \cdot 10^{-11}$
3	Hidroxid de calciu	$Ca(OH)_2$	$3{,}74 \cdot 10^{-3}$
4	Hidroxid de plumb	$Pb(OH)_2$	K_1 $9{,}6 \cdot 10^{-4}$
			K_2 $3{,}0 \cdot 10^{-8}$
5	Hidroxid de zinc	$Zn(OH)_2$	K_2 $1{,}5 \cdot 10^{-9}$
6	Hidroxilamină	NH_2OH	$1{,}07 \cdot 10^{-8}$
7	Hidrazină	NH_2NH_2	$3 \cdot 10{-}6$
8	Hidroxid de amoniu	NH_4OH	0°C $1{,}4 \cdot 10^{-5}$
			10°C $1{,}6 \cdot 10^{-5}$
			25°C $1{,}79 \cdot 10^{-5}$
			40°C $2 \cdot 10^{-5}$
			75°C $1{,}6 \cdot 10^{-5}$
			100°C $1{,}4 \cdot 10^{-5}$

Tabelul 3.22. Constantele de disociere ale unor baze organice, la temperatura obișnuită

Nr. crt.	Denumirea bazei	Formula chimică	Constanta de disociere
1	Anilină	$C_6H_5NH_2$	$3{,}83 \cdot 10^{-10}$
2	Benzidină	$(C_6H_4)_2(NH_2)_2$	K_1 $9{,}3 \cdot 10^{-10}$
			K_2 $5{,}6 \cdot 10^{-11}$
3	Benzil–amină	$C_6H_5CH_2NH_2$	$2{,}0 \cdot 10^{-5}$
4	*sec*–Butil–amină	$CH_3CH_2(CH_3)CHNH_2$	$3{,}6 \cdot 10^{-4}$
5	*terț*–Butil–amină	$(CH_3)_3CNH_2$	$2{,}8 \cdot 10^{-4}$

Nr. crt.	Denumirea bazei	Formula chimică	Constanta de disociere
6	*i*–Butil–amină	$(CH_3)_2CHCH_2NH_2$	$2,6 \cdot 10^{-4}$
7	*n*–Butil–amină	$CH_3(CH_2)_3NH_2$	$4,1 \cdot 10^{-4}$
8	Carbamidă	$CO(NH_2)_2$	$1,5 \cdot 10^{-14}$
9	Chinolină	C_9H_7N	$6,3 \cdot 10^{-10}$
10	Dietil–amină	$(C_6H_5)_2NH$	$1,26 \cdot 10^{-3}$
11	Dietil–benzilamină	$C_6H_5CH_2N(C_2H_5)_2$	$3,0 \cdot 10^{-5}$
12	Dimetil–amină	$(CH_3)_2NH$	$5,12 \cdot 10^{-4}$
13	Dimetilamino– antipirină	$(CH_3)_2NC_{10}H_8ON_2$	$6,9 \cdot 10^{-10}$
14	Dimetil–benzilamidă	$C_6H_5CH_2N(CH_3)_2$	$8,5 \cdot 10^{-6}$
15	Etil–amină	$C_2H_5NH_2$	$5,6 \cdot 10^{-4}$
16	Etilen–diamină	$(CH_2NH_2)_2$	$8,5 \cdot 10^{-5}$
17	*o*–Fenetidină	$C_6H_4NH_2OC_2H_5$	$4,6 \cdot 10^{-10}$
18	*p*–Fenetidină	$C_6H_4NH_2OC_2H_5$	$2,2 \cdot 10^{-9}$
19	Fenil–hidrazină	$C_6H_5NHNH_2$ (40°C)	$1,6 \cdot 10^{-9}$
20	*o*–Fenilen–diamina	$C_6H_4(NH_2)_2$	$3,3 \cdot 10^{-10}$
21	*p*–Fenilen–diamină	$C_6H_4(NH_2)_2$	K_1 $1,1 \cdot 10^{-8}$ K_2 $3,5 \cdot 10^{-12}$
22	Glicină	CH_2NH_2COOH	$2,26 \cdot 10^{-12}$
23	Metil–amină	CH_3NH_2	$4,38 \cdot 10^{-4}$
24	Metil–dietil–amină	$CH_3N(C_2H_5)_2$	$2,7 \cdot 10^{-4}$
25	α–Naftil–amină	$C_{10}H_7NH_2$	$8,36 \cdot 10^{-11}$
26	β–Naftil–amină	$C_{10}H_7NH_2$	$1,29 \cdot 10^{-10}$
27	Novocaină	$C_{13}H_{20}O_2N_2$	$7 \cdot 10^{-6}$
28	Piperazină	$(CH_2)_4(NH_2)_2$	K_1 $6,4 \cdot 10^{-5}$ K_2 $3,7 \cdot 10^{-9}$
29	Piperidină	$C_5H_{10}NH$	$1,6 \cdot 10^{-3}$
30	Piridină	C_5H_5N	$1,4 \cdot 10^{-9}$
31	*i*–Propil–amină	$(CH_3)_2CHNH_2$	$4,3 \cdot 10^{-4}$
32	*n*–Propil–amină	$CH_3(CH_2)_2NH_2$	$3,9 \cdot 10^{-4}$
33	Roşu–metil	$(CH_3)_2NC_{13}H_9O_2N_2$	$3 \cdot 10^{-12}$
34	Tetrametilen– diamină	$C_4H_8(NH_2)_2$	$4,1 \cdot 10^{-4}$
35	Tiazol	C_3H_3NS	$3,3 \cdot 10^{-12}$
36	*m*-Toluidină	$C_6H_4CH_3NH_2$	$5,5 \cdot 10^{-10}$
37	*o*-Toluidină	$C_6H_4CH_3NH_2$	$3,3 \cdot 10^{-10}$
38	*p*-Toluidină	$C_6H_4CH_3NH_2$	$2 \cdot 10^{-9}$
39	Trietil-amină	$(C_2H_5)_3N$	$5,65 \cdot 10^{-4}$
40	Trimetil-amină	$(CH_3)_3N$	$5,27 \cdot 10^{-5}$
41	Tripropil-amină	$(C_3H_7)_3N$	$5 \cdot 10^{-4}$

Tabelul 3.23. Constantele de disociere ale unor produşi naturali de origine vegetală (alcaloizi), cu caracter bazic, la 25°C

Nr. crt.	Denumirea	Formula chimică	Constanta de disociere
1	Aconitină	$C_{34}H_{47}O_{11}N$	$1,3 \cdot 10^{-6}$

Nr. crt.	Denumirea	Formula chimică	Constanta de disociere
2	Apomorfină	$C_{17}H_{17}O_2N$	$1,0 \cdot 10^{-7}$
3	Atropină	$C_{17}H_{23}O_3N$	$4,5 \cdot 10^{-5}$
4	Brucină	$C_{23}H_{26}O_4N_2 \cdot 4H_2O$	$K_1\ 9 \cdot 10^{-7}$ $K_2\ 2 \cdot 10^{-12}$
5	Cafeină	$C_8H_{10}O_2N_4$	(40°C) $4,1 \cdot 10^{-14}$
6	Chinidină	$C_{20}H_{24}O_2N_2$	$K_1\ 3,5 \cdot 10^{-6}$ $K_2\ 1 \cdot 10^{-10}$
7	Chinină	$C_{20}H_{24}O_2N_2$	$K_1\ 1 \cdot 10^{-6}$ $K_2\ 1,3 \cdot 10^{-10}$
8	Cinconină	$C_{19}H_{22}ON_2$	$K_1\ 1,4 \cdot 10^{-6}$ $K_2\ 1,1 \cdot 10^{-10}$
9	Cocaină	$C_{17}H_{21}O_4N$	$2,6 \cdot 10^{-6}$
10	Codeină	$C_{18}H_{21}O_3N$	$9 \cdot 10^{-7}$
11	Colhicină	$C_{22}H_{25}O_6N$	$4,5 \cdot 10^{-13}$
12	Coniină	$C_8H_{17}N$	$1 \cdot 10^{-5}$
13	Emetină	$C_{29}H_{40}O_4N$	$K_1\ 1,7 \cdot 10^{-7}$ $K_2\ 2,3 \cdot 10^{-7}$
14	Fizostigmină	$C_{15}H_{21}O_2N_3$	$K_1\ 7,6 \cdot 10^{-7}$ $K_2\ 2,3 \cdot 10^{-7}$
15	Hidrastină	$C_{21}H_{21}O_6N$	$1,7 \cdot 10^{-8}$
16	Morfină	$C_{17}H_{19}O_3N$	$7,4 \cdot 10^{-7}$
17	Nicotină	$C_{10}H_{14}N_2$	$K_1\ 7 \cdot 10^{-7}$ $K_2\ 1,4 \cdot 10^{-11}$
18	Papaverină	$C_{20}H_{21}O_4N$	$8 \cdot 10^{-9}$
19	Pilocarpină	$C_{11}H_{16}O_2N_2$	$K_1\ 7 \cdot 10^{-8}$ $K_2\ 2 \cdot 10^{-13}$
20	Stricnină	$C_{21}H_{22}O_2N_2$	$K_1\ 1 \cdot 10^{-6}$ $K_2\ 2 \cdot 10^{-12}$
21	Tebaină	$C_{19}H_{21}O_3N$	$9 \cdot 10^{-7}$
22	Teobromină	$C_7H_8O_2N_4$	(40°C) $4,8 \cdot 10^{-14}$
23	Teofilină	$C_7H_8O_2N_4$	$1,9 \cdot 10^{-14}$

Tabelul 3.25. Constantele de disociere ale unor amfoliți, la temperatura obișnuită

Denumirea		Formula chimică	K_a	K_b
Alanină		$C_2H_4NH_2COOH$	$1,35 \cdot 10^{-10}$	$2,19 \cdot 10^{-12}$
Arginină	K_1	$H_2NC(=NH)NH(CH_2)_3-$ $-CH(NH_2)COOH$	–	$1,1 \cdot 10^{-5}$
	K_2		$3,32 \cdot 10^{-13}$	$1,05 \cdot 10^{-12}$
Asparagină		$HOOCCH(NH_2)CH_2CONH_2$	$1,41 \cdot 10^{-7}$	$1,41 \cdot 10^{-12}$
Acidul asparagic	K_1	$C_2H_3NH_2(COOH)_2$	$1,38 \cdot 10^{-4}$	$1,71 \cdot 10^{-13}$
	K_2		$1,51 \cdot 10^{-10}$	–

Denumirea		Formula chimică	K_a	K_b
Codeina		$C_{17}H_{17}ON(OCH_3)OH$	$6,7 \cdot 10^{-9}$	$9 \cdot 10^{-7}$
Acidul cacodilic		$(CH_3)_2AsOOH$	$6,4 \cdot 10^{-7}$	$3,6 \cdot 10^{-13}$
Fenilalanina		$C_6H_5–CH_2–CH(NH_2)COOH$	$2,5 \cdot 10^{-9}$	$1,3 \cdot 10^{-13}$
Leucina		$(CH_3)_2CHCH_2–CH(NH_2)COOH$	$2,5 \cdot 10^{-10}$	$1,7 \cdot 10^{-12}$
Lizina	K_1	$NH_2(CH_2)_4CH(NH_2)COOH$	$2,95 \cdot 10^{-11}$	$8,9 \cdot 10^{-6}$
	K_2		–	$1,52 \cdot 10^{-12}$
o–Oxichinoleina		C_9H_6NOH	$3,1 \cdot 10^{-10}$	$6,2 \cdot 10^{-10}$
Tirozina		$HOC_6H_4CH_2CH(COOH)NH_2$	$3,98 \cdot 10^{-9}$	$3,17 \cdot 10^{-12}$

Tabelul 3.26. Solubilitatea unor compuși chimici în apă la diferite temperaturi

Denumirea compusului	grame substanță / 100 g apă				
	20^0	40^0	60^0	80^0	100^0
Acetat de calciu · $2H_2O$	34,7			33,5	29,5
Acetat de plumb	30,7	54,0			
Acetat de potasiu · $1,5H_2O$	256	320	350	380	
Acetat de sodiu · $3H_2O$	46	65	139	153	170
Acid oxalic · $2H_2O$	9.6	21,5	44	85	
Acid salicilic	0.2	0,4			
Acid sulfanilic	1	2	3	4,5	
Azotat de amoniu	192	290	420	580	
Azotat de argint	215	335	470	652	925
Azotat de calciu · $4H_2O$	127	196			
Azotat de plumb	52	70	90	108	
Azotat de potasiu	31,5	64	110	169	245
Azotat de sodiu	80	105	124	148	175
Azotit de sodiu	82	95,5	112	135	162
Bicromat de potasiu	12	26,3	45,6	73	103
Bicromat de sodiu · $2H_2O$	180	220	283	385	
Bromură de potasiu	65,5	76	86	95,3	105
Bromură de sodiu			118	119	121
Bromură de sodiu · $2H_2O$	90	106			
Carbonat acid de amoniu	21,5	36,5	59	109	350
Carbonat de potasiu · 1/2 H_2O	111	117	127	140	155
Carbonat de sodiu		48,5	46	45,8	44,5
Carbonat de sodiu · $10H_2O$	21,6				
Clorură de aluminiu · $6H_2O$	45,5			47,5	
Clorură de bariu · $2H_2O$	35,7	40,7	46,4	52,5	58,7
Clorură calciu · $2H_2O$			137	147	159
Clorură de cupru · $2H_2O$	77	84	91	100	
Clorură ferică · $6H_2O$	91,8			525,8	

Denumirea compusului	grame substanță / 100 g apă				
	20°	40°	60°	80°	100°
Clorură de litiu · H_2O		90	100	113	
Clorură de magneziu · $6H_2O$	54,2	57,5	60,5		72,5
Clorură de mangan · H_2O	73,5	88,5			
Clorură de mercur	6,6	9,5	14	24	
Clorură de zinc · $4H_2O$	365	450	485	540	610
Cromat de potasiu	63,0	67	71	75	79
Cromat de sodiu · 10 H_2O	90,0				
Ferocianură de potasiu	46,0	60	71	82	91,6
Hidroxid de bariu · $8H_2O$		7,5	19		
Hidroxid de calciu	0,12	0,10		0,06	
Hidroxid de potasiu · $2H_2O$	111,0				
Hidroxid de potasiu · $1H_2O$		136	147	160	178
Iodură de potasiu	144	160	176	191	208
Iodură de sodiu · $2H_2O$	180	205	257		
Iodură de sodiu				295	303
Permanganat de potasiu	6,4	12,6	22,4		
Sulfat de aluminiu · $18H_2O$	36,0	45,5	58	73	89
Sulfat de amoniu	75,4	81,0	88	95	102
Sulfat de cadmiu	76,8	79,0			
Sulfat de calciu · $2H_2O$	0,20	0,213			
Sulfat de cupru · $5H_2O$	21,0	29,0	40	54	74
Sulfat de fier · $7H_2O$	26,5	40,0			
Sulfat de litiu · H_2O	35,0	33,5	32	31,5	
Sulfat de magneziu · $7H_2O$	35,5	45,5			
Sulfat de mangan · $5H_2O$	63,0				
Sulfat de nichel · $7H_2O$	37,0	50,0			
Sulfat de potasiu	11,0	14,8	18	21,3	24,1
Sulfat de sodiu		48,0	45	43	42
Sulfat de sodiu · $10H_2O$	19,0				
Sulfat de zinc · H_2O			76,5	66,5	60,5
Sulfit de potasiu	107,0	108,0	109,5	111,5	114
Sulfit de sodiu	37,0	37,0	33	29	26,5
Sulfit de sodiu · $7H_2O$	26,5				
Sulfură de sodiu · $6H_2O$			39	49	
Sulfură de sodiu · $9H_2O$	18,6	29,0			
Tiosulfat de sodiu · $5H_2O$	70,0	102,0			

3.9. Clasificarea substanțelor în funcție de gradul lor de solubilitate

Felul substanțelor	Cantitatea maximă de substanță ce se poate dizolva în 100 g apă, la 20°C
Ușor solubile	10 g
Puțin solubile	1 g
Foarte puțin solubile	0,01 g

Tabelul 3.27. Solubilitatea principalilor compuși naturali în apă

Aprecierea gradului de solubilitate	Anionul compusului	Cationul compusului
Foarte ușor solubili	Cl^-, F^-, Br^-, I^-, SO_4^{2-}, NO_3^-, BO_3^{3-}, SiO_3^{2-}, MoO_4^{2-}, VO_3^{3-}, PO_4^{3-}	K^+, Na^+, (Rb^+, Cs^+)
Ușor solubili	Cl^-, F^-, Br^-, I^-, SO_4^{2-}, HCO_3^-	Ca^{2+}; Mg^{2+}; Ni^{2+}
	Cl^-, F^-, Br^-, I^-, SO_4^{2-}	Zn^{2+}; Co^{2+}; Fe^{2+}; Mn^{2+}
	SO_4^{2-}	Ag^+
Moderat solubili	SO_4^{2-}	Sr^{2+}
	CO_3^{2-}	Ba^{2+}, Sr^{2+}, Zn^{2+}, Ag^+
Greu solubili sau aproape insolubili	CO_3^{2-}, HCO_3^-	Pb^{2+}, Cu^{2+}
	SiO_3^{2-}	Zn^{2+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}
	SO_4^{2-}	Ba^{2+}; Pb^{2+}
	Cl^-	Ag^+, Pb^{2+}
Practic insolubili	Aluminosilicați	Na^+, K^+, Ca^{2+}
	S^{2-}	Fe^{2+}, Cu^{2+}, Pb^{2+}, Zn^{2+}
	OH^-, O^{2-}, SiO_3^{2-}	Fe^{3+}, Mn^{3+}, Ti^{4+}, Co^{3+}, V^{3+}
	și aluminosilicați	Cr^{3+}, Sc^{3+}, Be^{3+}, Zr^{4+}, Ti^{3+}

Tabelul 3.28. Solubilitatea unor compuși anorganici în solvenți organici (grame substanță anhidră care se dizolvă în 100g solvent pur) (15–30°C)

Nr. crt.	Compusul anorganic	Solventul organic		
		Alcool etilic absolut	Alcool metilic	Piridină
1	AgCl			1,9
2	$AgNO_3$	2,1	3,7	36,6
3	$AlBr_3$			8,1
4	$BaBr_2$	4,1		
5	$BaCl_2$		2,2	

Nr. crt.	Compusul anorganic	Solventul organic		
		Alcool etilic absolut	Alcool metilic	Piridină
6	$Ba(NO_3)_2$		0,5	
7	$CaBr_2$	53,5		
8	$CaCl_2$			1,7
9	$CdCl_2$	1,5	1,7	0,8
10	CdI_2	102,0		0,43
11	$CeCl_3$			1,6
12	$CoCl_2$			0,6
13	$CoSO_4$		1,0	
14	$CoSO_4 \cdot 7H_2O$	2,5	5,5	
15	$CuCl_2$			0,35
16	CuI_2			1,7
17	$CuSO_4$		1,0	
18	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	1,1	15,6	
19	H_3BO_3	11,0		
20	HCl	41,0	88,7	
21	$HgBr_2$	23,0	46,0	
22	$HgCl_2$	49,0	53,0	25,0
23	$Hg(CN)_2$	9,5	32,0	65,0
24	HgI_2	2,2	3,4	32,0
25	I_2	19,0		
26	KBr	0,14	2,0	
27	KCl	0,003	0,5	
28	$KClO_4$	0,012	0,105	
29	KJ	1,7	16,5	
30	KOH	37,0		
31	LiBr	72,0		
32	LiCl	24,0		13,5
33	$MgBr_2$			0,5
34	$MgSO_4$	1,3	1,2	
35	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$		41,0	
36	NH_3	11,9	23,8	
37	NH_4Br	3,2	12,5	
38	NH_4Cl	0,6	3,4	
39	NH_4I	26,3		
40	NH_4NO_3	3,8	17,1	
41	NH_4ClO_4	2,2	6,8	
42	NaBr	2,3	17,4	
43	NaCl	0,07	1,4	

Nr. crt.	Compusul anorganic	Solventul organic		
		Alcool etilic absolut	Alcool metilic	Piridină
44	$NaClO_4$	12,82	33,93	
45	NaI	43,1	77,7	
46	$NaNO_3$	0,04	0,4	
47	$NaNO_2$	0,3	4,4	
48	$NiCl_2$	10,0		
49	$NiCl_2 \cdot 6H_2O$	53,7		
50	$NiSO_4$		4,0	
51	$NiSO_4 \cdot 7H_2O$	2,2	20,0	
52	P	0,3		
53	$PbCl_2$			0,4
54	PbI_2			0,2
55	$Pb(NO_3)_2$	0,04	1,4	5,8
56	S	0,05	0,03	
57	$SrCl_2 \cdot 6H_2O$		63,3	
58	$ZnCl_2$			2,6
59	$ZnSO_4$		0,6	
60	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$		5,9	

3.10. Solubilitatea gazelor

Tabelul 3.29. Solubilitatea unor gaze în apă (g/100 g, la presiunea de 760 mm Hg), funcție de temperatură

Temperatura	Gazul:					
°C	O_2	H_2	N	NO	CH_4	CO
0	0,006945	0,0001922	0,002942	0,009833	0,003959	0,004397
5	0,006072	0,0001824	0,002600	0,008584	0,003410	0,003903
10	0,005368	0,0001740	0,002312	0,007560	0,002955	0,003479
15	0,004802	0,0001668	0,002085	0,006788	0,002955	0,003130
20	0,004339	0,0001603	0,001901	0,006173	0,002319	0,002838
25	0,003991	0,0001535	0,001751	0,005630	0,002091	0,002603
30	0,003588	0,0001474	0,001624	0,005165	0,001904	0,002405
35	0,003315	0,0001425	0,001501	0,004757	0,001733	0,002231
40	0,003082	0,0001384	0,001391	0,004394	0,001586	0,002075
45	0,002858	0,0001341	0,001300	0,004059	0,001466	0,001933
50	0,002657	0,0001287	0,001216	0,003758	0,001359	0,001797

Temperatura °C	Gazul:					
	O_2	H_2	N	NO	CH_4	CO
60	0,002274	0,0001178	0,001052	0,003237	0,001144	0,001522
70	0,001856	0,0001020	0,000851	0,002668	0,000926	0,001274
80	0,001381	0,0000790	0,000660	0,001984	0,000695	0,000980
90	0,000790	0,0000460	0,000380	0,001130	0,000400	0,000570

Temperatura °C	Gazul:							
	NH_3	H_2S	SO_2	Cl_2	HCl	Aer ml/1000	CO_2	HBr
0	89,5	0,7066	22,83		82,3	29,18	0,3364	221,2
5	79,6 (4°C)	0,6001	19,31			25,68	0,2774	
10	72,0 (8°C)	0,5112	16,21	0,9972		22,84	0,2318	210,3
15	58,7 (16°C)	0,4411	13,54	0,8495		20,55	0,1970	
20	53,1	0,3846	11,28	0,7293	72,0	18,68	0,1688	198,0
25	48,2 (24°C)	0,3375	9,41	0,6413		17,8	0,1449	184
30	44,0 (28°C)	0,2988	7,80	0,5723	67,3	15,64	0,1257	
35		0,2648	6,47	0,5104			0,1105	
40		0,2361	5,41	0,4509	63,3		0,0973	
45		0,2110		0,4228			0,0860	
50		0,1883		0,3925	59,6		0,0761	171,5
60		0,1480		0,3295	56,1		0,0576	
70		0,1101		0,2793				
80		0,0765		0,2227				
90		0,0410		0,1270				

3.11. Concentrațiile oxigenului (mg/l) din apă, în condiții de saturație și în funcție de temperatură

Tabelul 3.30.

t [°C]	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
-2	15,47	15,43	15,38	15,34	15,30	15,25	15,21	15,71	15,13	15,08
-1	15,04	15,00	14,96	14,92	14,88	14,84	14,80	14,78	14,74	14,68
0	14,64	14,60	14,56	14,52	14,48	14,44	14,40	14,36	14,32	14,26
1	14,24	14,20	14,16	14,12	14,08	14,04	14,10	13,97	13,93	13,89
2	13,85	13,81	13,78	13,74	13,71	13,67	13,63	13,58	13,56	13,53
3	13,49	13,49	13,42	13,38	13,35	13,31	13,28	13,24	13,21	13,17
4	13,14	13,11	13,07	13,04	13,01	12,94	12,95	12,91	12,88	12,84
5	12,81	12,78	12,74	12,71	12,68	12,64	12,61	12,58	12,55	12,51
6	12,48	12,45	12,42	12,39	12,36	12,33	12,30	12,27	12,24	12,21
7	12,18	12,15	12,12	12,09	12,06	12,03	12,01	11,98	11,95	11,92

t [°C]	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
8	11,89	11,86	11,84	11,81	11,78	11,75	11,73	11,70	11,67	11,65
9	11,62	11,59	11,57	11,54	11,51	11,48	11,46	11,43	11,40	11,38
10	11,35	11,32	11,30	11,27	11,25	11,22	11,20	11,17	11,15	11,12
11	11,10	11,08	11,05	11,03	11,00	10,98	10,96	10,93	10,91	10,88
12	10,86	10,84	10,81	10,79	10,76	10,74	10,72	10,69	10,67	10,65
13	10,62	10,60	10,57	10,55	10,53	10,50	10,48	10,46	10,44	10,41
14	10,39	10,37	10,35	10,33	10,31	10,28	10,26	10,24	10,22	10,20
15	1018	10,16	10,14	10,12	10,09	10,07	10,05	10,03	10,01	9,99
16	9,97	9,95	9,93	9,91	9,89	9,87	9,84	9,82	9,80	8,77
17	9,76	9,74	9,72	9,70	9,68	9,66	9,64	9,62	9,60	9,58
18	9,56	9,54	9,52	9,50	9,48	9,46	9,44	9,43	9,41	9,39
19	9,37	9,35	9,33	9,32	9,30	9,28	9,26	9,23	9,23	9,21
20	9,19	9,17	9,16	9,14	9,12	9,10	9,09	9,07	9,05	9,04
21	9,02	9,00	8,99	8,97	8,95	8,93	8,92	8,90	8,90	8,87
22	8,85	8,83	8,82	8,80	8,78	8,76	8,75	8,73	8,71	8,70
23	8,68	8,66	8,65	8,63	8,62	8,60	8,58	8,57	8,55	8,54
24	8,52	8,50	8,48	8,47	8,46	8,44	8,43	8,41	8,40	8,34
25	8,37	8,35	8,34	8,32	8,31	8,29	8,28	8,26	8,25	8,23
26	8,22	8,21	8,19	8,18	8,16	8,15	8,14	8,12	8,11	8,09
27	8,08	8,07	8,05	8,04	8,02	8,01	8,00	7,98	7,97	7,95
28	7,94	7,93	7,90	7,88	7,88	7,86	7,84	7,84	7,83	7,81
29	7,80	7,79	7,76	7,75	7,73	7,72	7,71	7,71	7,70	7,68
30	7,67									

Pentru a determina gradul de saturație în oxigen a unei ape, se aplică formula:

$$\text{Saturatie}\% = \frac{A \cdot 100}{B}$$

în care:

A este concentrația oxigenului dizolvat găsită în proba analizată, în mg/l;

B - concentrația de saturație a oxigenului la temperatura pe care a avut-o proba de apă în momentul prelevării (conform tabelului de mai sus), în mg/l.

3.12. Tabele uzuale pentru laborator

Tabelul 3.31. Temperaturile de fierbere ale unor solvenți organici

Denumire	p.f. [°C]	Denumire	p.f. [°C]
Acetat de benzil	213,5	Benzen	80,2
Acetat de etil	77,1	Cloroform	61,2
Acetat de etilglicol	158	Eter butilic	141,9
Acetat de izobutil	118	Eter izobutilic	122,1
Acetat de izopropil	88,4	Eter etilic	34,5
Acetat de metil	57,5	Etil benzen	136,15
Acetat de propil	102	Eter de petrol	30 - 60
Acetonă	56,2	Dicloretan	83,7
Alcool n-butilic	117,9	n-Heptan	98,4
Alcool etilic	78,3	n-Hexan	68,8
Alcool izoamilic	132	o-Xilen	143,6
Alcool izobutilic	108,1	Pentan	36,8
Alcool izopropilic	82,5	Sulfură de carbon	46,25
Alcool metilic	65	Tetraclorură de carbon	76,75
Anonă	155	Tricloretilenă	86,95
Alcool benzilic	205,5		

Tabelul 3.32. Lichide anticongelante

Compusul	Temperatura [°C]								
	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-40	-50	-60
Alcool etilic	19,6	33,3	45,4	57,3	71,2	87,5			
Alcool metilic	9,3	17,0	24,0	31,0	39,0	46,0			
Carbonat de potasiu						7,0			
Clorură de calciu	9,7	16,6	21,9	23,6	29,9	33,3	38,8	44,0	
Clorură de magneziu	7,7	13,4	17,7	21,1		25,9			
Clorură de sodiu	8,5	16,1	22,9	29,4					
Etandiol (glicol)	11,1	23,0	34,0	46,0	57,5	69,5	104,0		
Fosfat monopotasic						21,0			
Glicerină	20,45	42,0	56,0	68,0	80,0	90,5	113,0	138,0	
Lactat de sodiu	10,5	19,0	27,5	34,0	42,0	49,5	64,0	80,0	100

Observație. Cantitățile corespunzătoare fiecărei coloane, exprimate în grame de substanță fără apă de cristalizare, se dizolvă în 100 g apă.

Tabelul 3.33. Diferitele moduri de exprimare a concentrației unor parametri chimici ai apei

Nr. crt.	Parametrul	Masa moleculară (atomică)	mEq/l	Valoarea (mg) diferitelor unități		
				Grade franceze	Grade germane	Grade engleze
			a. Constituenți ai durității			
1.	$CaCO_3$	100	50	10,0	17,8	14,3
2.	$Ca(HCO_3)_2$	162	81	16,2	28,9	23,1
3.	$CaCl_2$	111	55,5	11,1	19,8	15,8
4.	$Ca(OH)_2$	74	37	7,4	13,2	10,5
5.	$Ca(NO_3)_2$	164	82	16,4	29,3	23,4
6.	CaO	56	28	5,6	10,0	8,0
7.	$CaSO_4$	136	68	13,6	24,3	19,4
8.	$Mg(HCO_3)_2$	146	73	14,6	26,1	20,9
9.	$MgCO_3$	84	42	8,4	15,0	12,0
10.	$MgCl_2$	95	47,5	9,5	17,0	13,5
11.	$Mg(NO_3)_2$	148	74	14,8	26,4	21,2
12.	MgO	40	20	4,0	7,1	5,7
13.	$MgSO_4$	120	60	12,0	21,4	17,1
			b. Anioni			
14.	CO_3	60	30	6,0	10,7	8,6
15.	HCO_3	61	61	12,2	21,8	17,4
16.	Cl	35,5	35,5	7,1	12,7	10,2
17.	HCl	36,5	36,5	7,3	12,8	10,3
18.	NO_3	62	62	12,4	22,1	17,7
19.	HNO_3	63	63	12,6	22,5	18,0
20.	PO_4	95	31,66	6,32	11,25	9,03
21.	P_2O_5	142	23,66	4,72	8,40	6,74
22.	SO_4	96	48	9,6	17,3	13,7
23.	SO_3	80	40	8,0	14,3	11,4
24.	H_2SO_4	98	49	9,8	17,5	14,0
25.	$HSiO_3$	77	82	15,4	27,4	22,0
			c. Cationi			
26.	Al	27	9	1,8	3,2	2,6
27.	Al_2O_3	102	17	3,4	6,1	4,85
28.	Ca	40	20	4,0	7,15	5,7
29.	Fe	55,8	27,9	5,6	10,0	8,0
30.	Mg	24,3	12,1	2,43	4,35	3,47
31.	K	39	39	7,8	13,9	11,2

Nr. crt.	Parametrul	Masa moleculară (atomică)	mEq/l	Valoarea (mg) diferitelor unități		
				Grade franceze	Grade germane	Grade engleze
32.	K_2O	94,2	47,1	9,4	16,8	13,4
33.	Na	23	23	4,6	8,2	6,6
34.	Na_2O	62	31	6,2	11,1	8,8
		d. Saruri diverse				
35.	$KHCO_3$	100	100	20,0	35,7	38,5
36.	K_2CO_3	138	69	13,8	24,6	19,7
37.	KCl	74,5	74,5	14,9	26,6	21,2
38.	K_3PO_4	21,3	70,8	14,1	25,2	20,2
39.	KOH	56	56	11,2	20	16
40.	K_2SO_4	174	87	17,4	31,1	24,8
41.	$NaHCO_3$	84	84	16,8	30	24
42.	Na_2CO_3	106	53	10,6	18,9	15,1
43.	NaCl	58,5	58,5	11,7	20,9	16,7
44.	Na_3PO_4	164	54,7	10,9	19,5	15,6
45.	Na_2SiO_3	122	61	12,2	21,8	17,4
46.	NaOH	40	40	8,0	14,3	11,4
47.	Na_2SO_4	142	71	14,2	25,3	20,3
48.	$FeCl_3$	162,5	54,2	10,8	19,3	15,4
49.	$FeSO_4$	152	76	15,2	27,1	21,7
50.	$Fe_2(SO_4)_3$	400	66,6	13,3	23,8	19,0
51.	$Al_2(SO_4)_3$	342	57	11,4	20,3	16,3

Tabelul 3.34. Corespondența dintre diversele moduri de exprimare a durității apelor naturale

Specificație	Grad francez	Grad englez	Grad german	Grad american	Miliechivalent
Grad francez	1,00	0,70	0,56	0,58	0,200
Grad englez	1,43	1,00	0,80	0,83	0,286
Grad german	1,79	1,25	1,00	1,04	0,358
Grad american	1,72	1,20	0,96	1,00	0,340
Miliechivalent	5,00	3,50	2,80	2,90	1,00

Tabelul 3.35. Conversia gradelor Celsius în grade Farenheit

°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F
10	14	1	33,8	11	51,8	21	69,8
9	15,8	2	35,6	12	53,6	22	71,6
8	17,6	3	37,4	13	55,4	23	73,4
7	19,4	4	39,2	14	57,2	24	75,2

°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F
6	21,2	5	41,0	15	59,0	25	77,0
5	23,0	6	42,8	16	60,8	26	78,8
4	24,8	7	44,6	17	62,6	27	80,6
3	26,6	8	46,4	18	64,4	28	82,4
2	28,4	9	48,2	19	66,2	29	84,2
1	30,2	10	50,0	20	68,0	30	86,0
0	32,0						

$$°C = \frac{5}{9}(°F - 32) \qquad °F = 1{,}8°C + 32$$

Tabelul 3.36. Norme internaționale aplicabile apei de băut (OMS)

Substanța toxică	Concentrația limită [mg/l]	Substanța toxică	Concentrația limită [mg/l]
Plumb	0,05	Cianuri	0,05
Arseniu	0,05	Cadmiu	0,01
Seleniu	0,01	Bariu	1,00
Crom (în Cr^{VI})	0,05	Azotați (NO_3^-)	45,0

Tabelul 3.37. Norme europene aplicabile apei de băut

Elementul toxic	Concentrația limită [mg/l]
Arsenic (în As)	0,05
Cadmiu (în Cd)	0,01
Crom hexavalent (în Cr)	0,05
Cianuri (în CN^-)	0,05
Plumb (în Pb)	0,10
Seleniu (în Se)	0,05

Tabelul 3.38. Norme franceze pentru apa de canal colectivă și apa de masă îmbuteliată

Substanța toxică	Concentrația limită [mg/l]	
	Apa de canal colectivă	Apa de masă îmbuteliată
Plumb (în Pb)	0,1	0,1
Seleniu (în Se)	0,05	0,05
Fluoruri (în F)	1,0	1,0
Arsenic (în As)	0,05	0,05
Cupru (în Cu)	1,0	1,0
Fier (în Fe)	0,2	0,1

Substanța toxică	Concentrația limită [mg/l]	
	Apa de canal colectivă	Apa de masă îmbuteliată
Mangan (în Mn)	0,1	0,05
Zinc (în Zn)	5,0	5,0
Compuși fenolici (în fenol)	absent	absent
Crom hexavalent	SLD	SLD
Cianuri	SLD	SLD

SLD = sub limita de detecție

Tabelul 3.39. Categoriile și condițiile tehnice de calitate a apelor de suprafață (STAS 4706 / 88)

Nr. crt.	Caracteristici	Categoria I	Categoria II	Categoria III	Metode de analiză
1.	Amoniu (NH_4), mg/dm^3, max.	1	3	10	Stas 8683-70
2.	Amoniac (NH_3), dm^3, max.	0,1	0,3	0,5	Stas 8683-70
3.	Argint (Ag), mg/dm^3, max.	0,01	0,01	0,01	Stas 8190-68
4.	Arsen (As), mg/dm^3, max.	0,05	0,2	0,5	Stas 7885-67
5.	Azotați (NO_3), mg/dm^3, max.	10	30	nu se normează	Stas 8900/1-71
6.	Azotiți (NO_2), mg/dm^3, max.	1	3	nu se normează	Stas 8900/2-71
7.	Bariu (Ba), mg/dm^3, max.	1	4	4	-
8.	Benzen, mg/dm^3, max.	0,1	0,1	0,1	Stas 8508-70
9.	Bioxid de carbon liber, mg/dm^3,max.	50	50	50	Stas 3263-61
10.	Cadmiu (Cd), mg/dm^3, max.	0,005	0,03	0,2	Stas 7852-80
11.	Calciu (Ca), mg/dm^3, max.	150	200	300	Stas 3662-90
12.	Cianuri (Cn), mg/dm^3, max.	0,01	0,2	0,2	Stas 7685-79
13.	Clor rezidual liber (Cl_2), mg/dm^3,max.	0,005	0,005	0,005	Stas 6364-78
14.	Cloruri (Cl), mg/dm^3, max.	250	400	400	Stas 8663-70
15.	Cobalt (Co), mg/dm^3, max.	1	5	5	Stas 8288-69
16.	Concentrația ionilor de hidrogen (pH)	6,5..8,5	6,5..8,5	6,5..9,0	Stas 6325-75
17.	Crom trivalent (Cr), mg/dm^3, max.	0,5	0,5	0,5	Stas 7884-91
18.	Crom hexavalent (Cr), mg/dm^3, max.	0,05	0,05	0,1	Stas 7884-91
19.	Cupru (Cu), mg/dm^3, max.	0,1	0,1	3	Stas 7795-80
20.	Detergenți anioni activi, mg/dm^3, max.	1	1	3	Stas 7576-66
21.	Fenoli antrenabili cu vapori de apă (monofenoli), mg/dm^3, max.	0,001	0,2	0,05	Stas 7167-92
22.	Fier total ionic (Fe), mg/dm^3, max.	0,3	1	1	Stas 8634-70
23.	Fluor (F), mg/dm^3, max.	0,5	1	1	Stas 8190/68
24.	Fosfor (P), mg/dm^3, max.	0,1	0,1	0,1	-

Nr. crt.	Caracteristici	Categoria I	Categoria II	Categoria III	Metode de analiză
25.	Hidrazină, mg/dm^3, max.	0,5	0,5	0,5	Stas 8653/90
26.	Hidrogen sulfurat și sulfuri (H_2S), mg/dm^3, max.	lipsă	lipsă	0,1	Stas 7510/66
27.	Magneziu (Mg), mg/dm^3, max.	50	100	200	Stas 6674/77
28.	Mangan (Mn), mg/dm^3, max.	0,1	0,3	0,8	Stas 8662/70
29.	Mercur (Hg), mg/dm^3, max.	0,005	0,01	0,02	Stas 8045/79
30.	Naftalină, mg/dm^3, max.	0,1	0,1	0,1	Stas 8562/70
31.	Nichel (Ni), mg/dm^3, max.	0,1	0,1	0,1	Stas 7987/67
32.	Oxigen dizolvat în apă (O_2), mg/dm^3, max.	6	5	4	Stas 6536/87
33.	Plumb (Pb), mg/dm^3, max.	0,05	0,1	0,1	Stas 8637/79
34.	Reziduu fix, mg/dm^3, max.	750	1000	1200	Stas 3638/76
35.	Seleniu (Se), mg/dm^3, max.	0,01	0,01	0,01	-
36.	Sodiu (Na), mg/dm^3, max.	100	200	200	Stas 8295/69
37.	Sulf marcaptanic, mg/dm^3, max.	0,5	0,5	0,5	Stas 8684/70
38.	Sulfați, mg/dm^3, max.	200	400	400	Stas 8601/70
39.	Sulfură de carbon, mg/dm^3, max.	1	1	1	Stas 8581/70
40.	Substanțe organice:				
	a) consumul biochimic de oxigen (CBO_5), mg/dm^3, max.	5	7	12	Stas 6560/82
	b) consumul chimic de oxigen (CCO), mg/dm^3, max:	10	15	25	Stas 3002/85
	-prin metoda cu $KMnO_4$				
	-prin metoda cu bicromat de potasiu (CCO– Cr)	10	20	30	Stas 6954/82
41.	Tanin și lignină, mg/dm^3, max.	10	10	15	Stas 8891/71
42.	Toluen, mg/dm^3, max.	0,1	0,1	0,1	Stas 8484/69
43.	Produse petroliere, mg/dm^3, max.	0,1	0,1	0,1	-
44.	Zinc (Zn), mg/dm^3, max.	0,01	0,1	0,1	Stas 8314/87
45.	Culoare	incoloră			-
46.	Miros	fără miros			-

Observații:

Categoria I: ape de suprafață folosite pentru alimentarea cu apă potabilă, pentru industria alimentară și unități agro-zootehnice;

Categoria II: ape de suprafață folosite în piscicultură sau în scopuri urbanistice și de agrement;

Categoria III: ape de suprafață folosite în sistemele de irigație și în diverse industrii

Tabelul 3.40. Concentrațiile admisibile și concentrațiile excepțional admise pentru parametri chimici din apa potabilă (STAS 1342 / 91)

Parametrul chimic	Concentrație admisibilă	Concentrație excepțională
Amoniac (mg NH_4^+/l), max.	0	5
Arsen (mg As^{3+}/l), max.	0,05	–
Azotați (mg NO_3^-/l), max.	45	–
Azotiți (mg NO_2^-/l), max.	0	0,3
Bariu (mg Ba^{2+}/l), max.	1	–
Cadmiu (mg Cd^{2+}/l), max.	0,005	–
Calciu (mg Ca^{2+}/l), max.	100	180
Cianuri libere (mg CN^-/l), max.	0,01	–
Clor rezidual liber (Cl_2) în apa dezinfectată prin clorinare (mg/l)	0,1 – 0,25	0,05 – 0,5
Cloruri (mg Cl^-/l), max.	250	400
Compuși fenolici (C_6H_5OH) în apa clorinată (mg/l)	0,001	–
Compuși fenolici în apă neclorinată (mg/l)	0,030	–
Crom (mg Cr^{6+}/l), max.	0,05	–
Cupru (mg Cu^{2+}/l), max.	0,05	0,1
Detergenți sintetici anionici (mg/l), max.	0,2	0,5
Duritate totală (grade germane), max.	20	în funcție de conținutul de ioni de calciu și de magneziu
Duritate temporară (grade germane), max.	10	10
Extract cloroformic al substanțelor absorbite pe cărbune activ (mg/l), max.	0,2	–
Fier total (mg Fe^{3+}/l),max.	0,1	(Fe + Mn) 0,3
Fluoruri (mg F^-/l), max.	1,2	–
Fosfați (mg PO_4^{3-}/l), max.	0,1	0,5
Hidrogen sulfurat nedisociat (mg H_2S/l), max.	0	0,1
Hidrocarburi policiclice aromatice (mg/l)	0,0002	–
Magneziu (mg Mg^{2+}/l), max.	50	80
Mangan (mg Mn^{2+}/l), max.	0,1	(Mn + Fe) 0,3
Mercur (mg Hg^{2+}/l), max.	0,001	–
Oxigen dizolvat în apa provenită din surse de suprafață (mg O_2/l), min.	6	–
Ph (concentrația ionilor de hidrogen)	6,6 – 7,6	6,6 – 8,6
Pesticide:		
–organo-clorurate greu degradabile (DDT, HCH și similare), mg/l max.	0,0001	–
–organo-fosforice și similare, ușor degradabile (mg/l), max.	0	–
Plumb (mg Pb^{2+}/l), max.	0,05	–

Parametrul chimic	Concentrație admisibilă	Concentrație excepțională
Reziduu fix (mg/l), max.	100 – 800	300 – 1200
Seleniu (mg Se^{2+}/l), max.	0,01	–
Sulfuri (mg S^{2-}/l), max.	0	0,1
Sulfați (mg SO_4^{2-}/l), max.	200	400
Substanțe oxidabile la permanganat, exprimat în:		
–O_2 (mg/l), max.	2,5	3
–$KMnO_4$ (mg/l), max.	10	12
Zinc (mg Zn^{2+}/l), max.	5	7
Temperatura grade max	22	temperatura naturală a sursei 5.....17

Tabelul 3.41. Valorile limită admisibile ale principalelor substanțe poluante sau indicatorilor de încărcare din apele uzate înainte de evacuarea acestora în cursurile de apă

Nr crt	Substanța poluantă sau indicatorul de încercare	UM	Valori limită admisibile în funcție de gradul de diluție care se realizează		
			1	50	100
1.	Materii în suspensie	mg/dm³	25	100	200
2.	Consumul biochimic de oxigen (CBO_5)	mg/dm³	15	60	100
3.	Hidrogen sulfurat și sulfuri	mg/dm³	0,1	1	2
4.	Cianuri (CN)	mg/dm³	0,1	1	2
5.	Fier total ionic	mg/dm³	2	5	8
6.	Mercur (Hg)	mg/dm³	0,01	0,01	0,01
7.	Cadmiu (Cd)	mg/dm³	0,1	0,1	0,1
8.	Plumb (Pb)	mg/dm³	0,2	0,2	0,2
9.	Zinc (Zn)	mg/dm³	0,1	0,5	1
10	Detergenți anionici biodegradabili	mg/dm³	0,5	15	30
11	Fenoli antrenabili cu vapori de apă	mg/dm³	0,5	15	30
12	Concentrația ionilor de hidrogen	unități pH	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5

Tabelul 3.42. Componenții organici din apele reziduale, funcție de domeniul de proveniență a acestor ape

Nr crt	Domeniul de proveniență	Componente reziduale în apele uzate
1.	Mine, uzine de prepararea minereurilor	Humus, praf de cărbune, agenți de flotație

Nr crt	Domeniul de proveniență	Componente reziduale în apele uzate
2.	Turnătorii	Cianuri, fenoli, gudroane, praf de cărbune
3.	Prelucrarea fontei și a oțelurilor	Agenți de umectare și lubrifianți, cianuri, inhibitori, hidrocarburi, reziduuri de solvenți
4.	Prepararea cărbunilor, cocserii	Humus, praf de cărbune, cianuri, fenoli, hidrocarburi, piridine bazice
5.	Producția de cărbune lemn	Acizi grași, alcooli (în special metanol), fenoli
6.	Industria petrolieră	Emulsii de uleiuri, acizi naftenici, fenoli, sulfonați
7.	Pasta de lemn pentru fabricarea hârtiei	Metanol, furfurol, hidrați de carbon solubili, acizi lignosulfonici
8.	Vâscoză și celuloză	Xantogenați, semiceluloze alcaline
9.	Industria hârtiei	Acizi rezinici, polizaharide, fibre celulozice
10.	Industria textilă	Agenți de degresare și de umectare, agenți de nivelare, apreturi, agenți de încleiere, acizi grași, acid nitrolotri-acetic (Trilon, coloranți)
11.	Spălătorii	Detergenți, celuloză carboximetilică, enzime, agenți de înălbire, coloranți, murdării, proteine, sânge, cacao, cafea
12.	Industria pielăriei și tananților	Produși de degradare a proteinelor, săpunuri, agenți de tanare, săpun de calciu emulsionat, păr
13.	Rafinării de zahăr	Zahăr, acizi vegetali, betaină, pectină
14.	Fabrici de amidon	Componenți solubili în apă (compuși pe bază de proteine, pectine, hidrați de carbon solubili)
15.	Fabrici de produse lactate	Componenți din lapte (proteine, lactoză, acid lactic, emulsii de grăsimi), agenți de spălare și clătire
16.	Fabrici de săpun și grăsimi	Glicerină, acizi grași, emulsii de grăsimi
17.	Fabrici de conserve	Componenți vegetali solubili
18.	Fabrici de bere	Componenți vegetali solubili în apă, reziduuri de bere, agenți de clătire
19.	Fabrici de produse fermentate	Acizi grași și aminoacizi, alcooli, hidrați de carbon nefermentați
20.	Abatoare	Sânge, componenți din carne solubili în apă și componenți emulsionați

3.13. Valorile normale ale parametrilor în cazul unor analize medicale

Tabelul 3.42. Analiza sângelui

Nr. crt.	Parametrul analizat	Valorile normale	
		g/l	mg/100 ml
1.	Acidul uric	0,020 - 0,050	2,0 - 5,0
2.	Amoniacul		0,1 - 0,3

Nr. crt.	Parametrul analizat	Valorile normale	
		g/l	mg/100 ml
3.	Bilirubina indirectă	0,008 - 0,10	0,8 - 1,0
4.	Bilirubina directă	0,000 - 0,0025	0,0 - 0,25
5.	Bilirubina totală	0,008 - 0,0125	0,8 - 1,25
6.	Calciu în ser	0,090 - 0,110	9,0 - 11,0
7.	Calciu în sânge total	0,045 - 0,060	4,5 - 6,0
8.	Calciu în eritrocite	0,006 - 0,059	0,6 - 5,9
9.	Cloruri (NaCl) în aer	5,70 - 6,20	570,0 - 620,0
10.	Cloruri (NaCl) în globule	2,90 - 3,30	290,0 - 330,0
11.	Cloruri (NaCl) în plasmă	4,50 - 5,10	450,0 - 510,0
12.	Clor globular/clor plasmatic	0,50 - 0,55	
13.	Colesterolul	1,20 - 2,60	120,0 - 260,0
14.	Creatinina	0,005 - 0,012	0,5 - 1,2
15.	Fierul seric	70-140 micrograme/100 ml la bărbați 85-100 micrograme/100 ml la femei	
16.	Fosforul total în ser	0,070 - 0,150	7,0 - 15,0
17.	Fosforul total în sânge total		30,0 - 50,0
18.	Glucoza	0,65 - 1,10	65,0 - 110,0
19.	Homoglobina	12,0 - 16,0 g/100 ml	
20.	Magneziul	0,020 - 0,040	2,0 - 4,0
21.	Potasiul în ser	0,180 - 0,200	18,0 - 20,0
22.	Potasiul în sânge total	1,7	170
23.	Sodiul în ser	3,100 - 3,400	310,0 - 340,0
24.	Sodiul în sânge total	1,700 - 2,200	170,0 - 220,0
25.	Trigliceridele	0,500 - 1,500	50,0 - 150,0
26.	Ureea	0,200 - 0,500	20,0 - 50,0

Tabelul 3.44. Analiza urinei

Nr. crt.	Parametrul analizat	Valori normale, în g/24h
1	Acidul uric	0,30 - 0,80
2	Acidul vanil mandelic	1,70 - 7,40
3	Calciu	0,10 - 0,30
4	Clorul	6,0 - 8,0
5	Creatinina	1,0 - 2,0
6	Corpi cetonici	50 mg/24h
7	Fosforul	0,5 - 1,5
8	Magneziul	0,06 - 0,18

Nr. crt.	Parametrul analizat	Valori normale, în g/24h
9	Potasiul	2,0 - 3,0
10	Sodiul	4,0 - 6,0
11	Ureea	10,0 - 35,0
12	pH-ul 5,0 - 5,8	
13	Densitate 1,016 - 1,025	
14	Azot	10,0 - 15,0
15	Amoniac	0,6 - 0,8
16.	Albumina	absență
17	Glucoza	absență
18	Săruri biliare	absențe
19	Pigmenți biliari	absenți

Tabelul 3.45. Alți parametri ai sângelui

Nr. crt.	Parametrul analizat	Valorile normale	
1	Hematocritul	Bărbați = 40 - 48% Femei = 36 - 42% Copii (2-15 ani) = 36 - 39%	
2	Hemoglobina	Bărbați = 80 - 100% sau 13 - 16 g/100ml Femei = 70 - 90% sau 11 - 15 g/100ml sânge	
3	Globule roșii	Bărbați = 4,2 - 5,6 mil. pe 1 cm Femei = 3,7 - 4,9 mil. pe 1mm Copii (1 - 15 ani) = 4,5 - 4,8 mil. pe 1mm	
4	Globule albe	Adult = 4000 - 8000 pe 1mm Copii (1 - 6 ani) = 4000 - 10000 pe mm	
5	Trombocitele	150000 - 300000/mm	
6	Timpul de coagulare	8 - 12 min.	
7	Timpul de sângerare	3 - 4 min	
8	Timpul Howell	1 - 2 min.	
9.	Formula leucocitară: -granulocite neutrofile -granulocite eozinofile -limfocite -monocite	Copil (6 ani) 30 - 60 % 1 - 4 % 30 - 60 % 4 - 8 %	Adult 60 - 70 % 1 - 4 % 25 - 30 % 4 - 8 %
10.	Viteza de sedimentare a hematiilor sau a eritrocitelor (VSH sau VSE)	Bărbați: 3-10 mm/h; 5-15 mm/2h Femei: 6-13 mm/h; 10-20 mm/2h Copii mici: 7-11 mm/h	

Nr. crt.	Parametrul analizat	Valorile normale
11.	Proteinele totale din sânge	Adulți = 6,6-8,6 g/100 ml sânge Copii (1-3 ani) = 6,0-8,6 g
12.	Fibrinogenul	200 - 400 mg/100 ml sânge
13.	Lipidele totale din sânge	550 - 750 mg/100 ml sânge
14.	Acizii grași	200 - 450 mg/100 ml sânge
15.	Proteinograma: -albumine = 52 - 62 % sau 3,64 - 4,34 g -globuline = 38 - 48 % sau 2,66 - 3,36 g din care: α- globuline = 2 - 5 % sau0,14 - 0,35 g α- globuline = 6 - 9 % sau 0,42 - 0,63 g β- globuline = 14 - 21 % sau 0,98 - 1,47 g	
16.	Colesterolul: - bărbați sub 20 ani = 1,20 - 1,60 g/l - femei sub 20 ani = 1,20 - 1,50 g/l - bărbați între 21 - 30 ani = 1,30 - 1,90 g/l - femei între 21 - 30 ani = 1,30 - 1,70 g/l - bărbați între 31 - 40 ani = 1,60 - 2,20 g/l - femei între 31 - 40 ani = 1,50 - 2,00 g/l - bărbați între 41 - 50 ani = 1,90 - 2,50 g/l - femei între 41 - 50 ani = 1,80 - 2,20 g/l - bărbați între 51 - 60 ani = 2,00 - 2,80 g/l - femei între 51 - 60 ani = 2,00 - 2,60 g/l	

Tabelul 3.46. Valorile normale și cele patologice ale compoziției lichidului cefalorahidian

Parametrul investigat	Lichid normal	Meningite netuberculoase	Meningite tuberculoase	Meningită cronică	Encefalite și mielite	Congestie meningian simplă	Stază rahidiană (compresia măduvii)	Impermeabilitate renală (cloruremie, azotemie)
Aspect, culoare	Limpede, incolor	Tulbure purulent ușor xantocromic	Limpede, incolor	Limpede, incolor	Limpede, incolor	Limpede, incolor	Limpede, xantocromic	Limpede, incolor
Albumină (g %)	0,18	2 - 8	1 - 3	0,5 - 1,0	0,5 - 3,0	0,10	5,0 - 40,0	0,18
Cloruri (mg %)	7,32	6,4 - 6,0	5,0 - 6,3	7,0 - 7,2	7,30	6,8 - 7,0	5,0 - 7,30	7,50 - 9,00
Glucoză (mg %)	0,59	urme	urme	0,35 - 0,50	0,50	0,7 - 1,0	0,50	0,70 - 1,00
Uree (mg %)	0,25	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	1,00 - 6,00
Permeabilitate la nitrați (mg)	10 - 12	50 - 55	50 - 85	9 - 25	9 - 13	15	-	variabil

Tabelul 3.47. Multiplii și submultiplii unităților de măsură

1. tera (T) = 10^{12}
2. giga (G) = 10^{9}
3. mega (M) = 10^{6}
4. kilo (K) = 10^{3}
5. hecto (h) = 10^{2}
6. deca (da) = 10^{1}
7. deci (d) = 10^{-1}
8. centi (c) = 10^{-2}
9. mili (m) = 10^{-3}
10. micro (μ) = 10^{-6}
11. nano (n) = 10^{-9}
12. pico (p) = 10^{-12}
13. femto (f) = 10^{-15}
14. atto (a) = 10^{-18}

Unități de măsură anglo-saxone

Măsuri pentru lungimi:

1 inch = 2,54 cm;
1 picior = 12 inch = 30,48 cm
1 milă marină = 1853 m

1 cm = 0,394 inch
1 cm = 0,0328 picioare

Corespondența dintre diferitele unități de măsură

Inch	Centimetri	Inch	Centimetri	Picioare	Centimetri
1/64	0,0397	1	2,54	1	30,48
1/32	0,0794	2	5,08	2	60,96
1/16	0,01588	3	7,62	3	91,44
1/8	0,3175	4	10,16	4	121,92
1/4	0,6350	5	12,70	5	152,40
3/8	0,9525	6	15,24	6	182,88
1/2	1,2700	7	17,78	7	213,36
5/8	1,5875	8	20,32	8	243,84
3/4	1,9050	9	22,86	9	274,32
7/8	2,2225	10	25,40	10	304,80

Măsuri pentru volume:

1 inch cubic = 16,387 cm^3;
1 picior cubic = 28316,8 cm^3;
1 gallon (G.B.) = 4,5435 litri;
1 gallon (USA) = 3,7854 litri;

1 cm^3 = 6,1 · 10^{-2} inch cubici
1 cm^3 = 3,53 · 10^{-5} picioare cubice
1 litru = 0,220 gallon (G.B.)
1 litru = 0,264 gallon (USA)

Tabelul 3.48. Substanțe și soluții pentru conservarea produselor biologice

Substanța	Concentrația soluției
Azidă de Na	1 %
Mertiolat de Na	1 ‰
Cloramină	1 %
Apă oxigenată	5 - 6 %
Permanganat de potasiu	5 %

Substanța	Concentrația soluției
Clorat de potasiu	1 ‰
Alcool etilic	70 %
Formol	5 %
Fenol (crezoli, creolină)	5 - 10 %
Sublimat (clorură de mercur)	1 ‰

Tabelul 3.49. Substanțe sicative uzuale

Denumirea substanței	Formula chimică	Apa reziduală, în mg/l de aer, după uscare la 25 grade
Clorură de calciu (granule)	$CaCl_2$	0,14 – 0,25
Oxid de calciu	CaO	0,20
Hidroxid de sodiu (topit)	NaOH	0,16
Oxid de magneziu	MgO	0,008
Sulfat de calciu (anhidru)	$CaSO_4$	0,005
Acid sulfuric concentrat	H_2SO_4 (95 - 100%)	0,003 – 0,3
Silicagel	$(SiO_2)_x$	~0,001
Perclorat de magneziu (anhidru)	$Mg(ClO_4)_2$	0,0005
Pentaoxid de fosfor	P_2O_5	<0,000025

Tabelul 3.50. Compoziția aerului atmosferic

Constituentul	Formula	Masa moleculară	Concentrația în aer (% în volume)	p.t. [°C]	d [g/l]
Azot	N_2	28,013	78,08	- 195,8	1,25
Oxigen	O_2	31,98	20,95	- 182,9	1,42
Argon	Ar	39,94	0,932	- 185,8	1,78
Bioxid de carbon	CO_2	44,011	0,03	- 78,45	1,97
Neon	Ne	20,17	0,00046	- 246,0	0,90
Heliu	He	4,003	0,000161	- 269,0	0,18
Kripton	Kr	83,80	0,00011	- 152,8	3,73
Xenon	Xe	131,30	0,0060	-107,1	5,90

Tabelul 3.51. Volumul 1g de apă la diferite temperaturi

Temperatura [°C]	Volumul [ml]	Temperatura [°C]	Volumul [ml]
4	1,0000		
10	1,0016	22	1,0032
11	1,0017	23	1,0034
12	1,0018	24	1,0036

Temperatura [°C]	Volumul [ml]	Temperatura [°C]	Volumul [ml]
13	1,0018	25	1,0038
14	1,0019	26	1,0041
15	1,0021	27	1,0043
16	1,0022	28	1,0046
17	1,0023	29	1,0048
18	1,0025	30	1,0051
19	1,0026	31	1,0054
20	1,0028	32	1,0057
21	1,0030	33	1,0060

Tabelul 3.52. Valorile orientative ale conținuturilor unor componente organice și minerale din produse alimentare de origine animală și de origine vegetală

Denumirea produsului	Apă	Proteine	Lipide	Glucide	Na	K	Ca	Mg	Fe	Cu	P	Cl
	g%				mg/100g							
Albuș de ou	86,0	13,0	0,2	0,5	180	150	5	10	0,10		35	200
Ardei gras verde	93,	1,1	0,2	2,5		186	8		0,60		25	
Ardei gras roșu	90,2	1,3	0,4	7,3								
Arpacaș din orz	14,0	9,5	1,5	72,0	40	300	25	70	2,00	0,10	300	15
Banane	75,0	1,3	0,6	13,4	3	380	8	40	0,40	0,13	30	70
Brânză grasă de vacă	75,0	13,0	9,0	4,5	30	120	164	25	0,20	0,02	114	150
Caise	85,0	1,0		13,0	1	320	17	12	0,40	0,13	25	0,8
Carne de curcă	65,8	24,5	8,5		66	367	23	28	3,10		180	123
Carne de găină	64,6	21,0	6,0		85	350	14	28	1,50	0,10	200	60
Carne de gâscă	60,8	18,4	20,0									
Carne de iepure	75,0	22,0	1,0		40	390	12		3,60		224	
Carne de miel	62,0	18,0	20,0									
Carne de oaie	54,0	17,0	12,0		90	350	13	27	2,50	0,16	195	85
Carne de porc grasă	49,0	15,0	30,0									
Carne de porc semigrasă	56,0	16,0	24,7									
Carne de porc slabă	72,0	20,4	6,3		65	330	10	25	3,00	0,16	215	70
Carne de pui (găină)	70,4	20,1	10,2									

Denumirea produsului	Apă	Proteine	Lipide	Glucide	Na	K	Ca	Mg	Fe	Cu	P	Cl
	g%				mg/100g							
Carne de rață	75,0	19,6	6,0									
Carne de vacă grasă	62,0	12,0	24,5									
Carne de vacă slabă	73,0	40,4	2,2		70	350	10	25	3,50	0,16	230	75
Cartofi noi	82,5	1,7	0,2	17,4								
Cartofi maturi	76,4	2,0	0,15	19,0	20	550	15	35	1,00	0,15	55	60
Castraveți	94,3	1,3	0,20	2,9	15	170	23	10	0,30		25	25
Căpșuni	90,0	1,0	1,00	9,0	2	160	25	13	0,80	0,13	30	15
Ceapă verde	95,3	1,0	0,20	3,5	20	270	40	30	0,60	0,10	45	30
Ceapă uscată	89,5	1,5	0,20	8,0	25	130	32	8	1,00	0,10	45	20
Cireșe	80,0	1,0	0,30	18,0	3	280	18	10	0,60	0,13	20	1
Ciuperci	88,4	5,0	0,50	2,3	12	470	3	14	4,50		135	80
Coacăze	92,0	1,5	0,60	10,2	3	275	36	15	1,30	0,13	30	14
Conopidă	91,6	2,8	0,30	3,9	48	120	25	17	1,50	0,10	60	30
Crap	77,0	18,9	2,80									
Creier de bovine	78,0	10,5	9,0		110	305	10		12,00		336	
Dovlecei	93,7	0,9	0,1	3,2	16	300	40	8	0,40	0,10	20	35
Fasole boabe	13,0	23,0	1,7	47,0								
Ficat de bovine	70,0	19,7	3,0		85	325	10	25	14,00	4,00	350	100
Făină de grâu 75%	14,5	11,8	1,4	72,0	25	160	20	20	1,50	0,20	120	50

Denumirea produsului	Apă	Proteine	Lipide	Glucide	Na	K	Ca	Mg	Fe	Cu	P	Cl
	g%				mg/100g							
Făină de grâu 85%	14,5	11,0	1,4	71,0	30	200	26	60	2,00	0,27	250	50
Făină de porumb	14,0	9,6	1,7	72,1								
Fragi de pădure	87,0	1,3	1,0	9,8	2	160	25	13	0,80	0,13	30	15
Gălbenuș de ou	52,0	16,0	32,0	0,3	50	120	145	15	7,00	0,50	500	80
Gutui	82,0	0,5	0,5	14,2	4	200	15	6	0,40		20	2
Icre de crap	69,0	25,0	3,0									
Icre de Manciuria	51,0	35,0	12,0									
Icre de știucă	69,0	27,0	1,5									
Icre negre (Caviar)	58,9	26,0	15,0									
Lapte vacă integral	87,5	3,5	3,5	4,5	50	160	125	12	0,05	0,07	90	98
Lămâi	89,0	0,9	0,7	6,2	3	170	40	13	0,60		20	5
Mandarine	88,0	0,8	0,1	8,7								
Mazăre boabe	13,0	21,5	1,9	53,0								
Mazăre verde boabe	71,0	8,4	0,5	14,0								
Măsline negre	52,0	20,0	35,0	7,2	2300	100	70	25	2,00		92	3700
Măsline verzi	41,0	12,5	10,0	8,1			78		1,50		85	
Mere	84,0	0,3	0,5	15,0	3	120	8	5	0,40	0,13	10	1,5
Miere de albine	18,0	0,5	0,2	81,0	5	10	6	6	0,60		33	urme
Morcovi	87,2	1,5	0,3	8,8	100	220	50	15	1,00	0,10	40	50

Denumirea produsului	Apă	Proteine	Lipide	Glucide	Na	K	Ca	Mg	Fe	Cu	P	Cl
	g%				mg/100g							
Morun	76,2	17,5	4,7									
Mure	81,0	1,5	1,4	14,1	2	260	36	16	1,60	0,13	50	4
Nuci	5,0	21,0	59,0	3,7	5	540	140	90	3,00	0,30	400	100
Orez decorticat	12,3	8,1	1,2	75,5								
Ou de găină integral	72,0	14,0	12,0	0,6	130	140	60	12	2,80	0,25	220	160
Păstârnac	80,0	1,4	0,5	15,0	20	380	57	25	1,30	0,12	70	35
Pepene galben	94,0	0,5	0,1	5,0	14	320	20	20	0,80	0,13	30	40
Pepene verde	91,0	0,5	0,1	5,4	8	270	9	5	0,30	0,12	15	8
Pere	83,0	1,0	1,0	16,0	3	130	12	10	0,20	0,13	12	1
Piersici	89,0	1,0		10,0	3	260	10	8	0,40	0,13	20	1
Pâine de grâu albă	42,0	7,5	0,4	52,0	360	120	12	20	1,50	0,15	120	550
Pâine de grâu neagră	44,0	8,4	1,2	48,0								
Pâine graham		9,1	1,0	51,0								
Portocale	87,0	0,8	0,2	10,1	4	200	50	14	0,40	0,13	23	4
Prune	79,0	0,6	0,1	21,0	3	300	20	10	0,50	0,13	25	1,5
Ridichi de lună	94,8	0,6	0,1	3,8	60	120	35	10	1,50		25	20
Ridichi de iarnă	94,0	1,3	0,1	4,9	152	280	40	20	2,00		35	60
Rinichi de bovine	75,0	18,0	5,0		60	300	12	20	10,00		250	300
Salată verde	94,2	1,9	0,3	2,9	60	320	55	40	2,00	0,10	50	79

Denumirea produsului	Apă	Proteine	Lipide	Glucide	Na	K	Ca	Mg	Fe	Cu	P	Cl
	g%				mg/100g							
Sfeclă roșie	87,0	1,3	0,1	9,0	150	100	28	14	1,50		30	35
Spanac	90,1	3,5	0,3	2,0	70	700	75	57	3,00	0,20	35	100
Struguri	81,0	2,1	1,7	18,0	2	300	20	14	0,50	0,12	20	1
Șalău	78,0	19,4	0,4									
Știucă	79,4	19,1	0,4									
Tomate roșii	94,0	1,1	0,3	3,1	25	310	15	20	0,60	0,10	30	60
Țelină rădăcini	87,0	1,4	0,3	5,9	130	340	56	30	1,00	0,12	35	150
Urzici	80,0	7,9	0,7	7,1								
Usturoi	61,9	7,2	0,2	26,0								
Varză albă	91,7	1,8	0,2	5,8	30	400	72	70	1,50	0,10	60	40
Varză roșie	90,5	1,9	0,2	5,6	32	250	55	17	2,00		35	30
Vinete	91,6	1,3	0,2	4,8	10	240	11	10	0,40		20	60
Vișine	88,0	1,0	0,5	14,0	3	290	20	20	0,60	0,13	30	1,5

Glosar

ABSORBANT. Substanță lichidă sau solidă care se îmbibă sau care fixează în masa ei alte substanțe din mediul cu care vine în contact.

ACIDIMETRIE. Parte a analizei volumetrice, care cuprinde metodele de determinare a bazelor și a altor substanțe bazice, prin titrare cu soluții de acizi având titrul cunoscut.

ACIDITATE. Cantitatea de acid prezentă într-o soluție sau într-un lichid oarecare, exprimată prin concentrația totală a acidului (normalitate, molaritate, molalitate) sau prin *p*H.

ACIZI. Clasă de substanțe care în soluție apoasă au gust acru, modifică culoarea indicatorilor, reacționează cu metalele și neutralizează bazele. După tăria lor, apreciată prin valoarea gradului de disociere, pot fi clasați în: acizi tari (HCl, HBr, HI, H_2SO_4, HNO_3 etc.), acizi de tărie medie (acid formic, acid lactic etc.) și acizi slabi și foarte slabi (H_2S, H_2CO_3 etc.). După bazicitatea lor, adică după numărul de atomi de hidrogen care pot fi disociați în soluție apoasă, acizii pot fi clasificați în: monobazici (HCl, HI, $HClO_4$, CH_3COOH etc.), bibazici (H_2SO_4, H_2CO_3, $H_2C_2O_4$ etc.) și tribazici (H_3PO_4, H_3AsO_4 etc.). După compoziția lor, acizii pot fi clasificați în hidracizi (care nu conțin atomi de oxigen în molecula lor) și oxiacizi (care conțin oxigen).

ADSORBANT. Substanță sau material solid, poros, cu structură spongioasă, care are capacitatea de a reține la suprafața sa gaze, vapori sau substanțe dizolvate. Cei mai utilizați adsorbanți sunt: cărbunele activ (300 – 500 m^2/g), silicagelul (200 – 300 m^2/g), alumina (aproximativ 100 m^2/g), piatra ponce, oxidul de magneziu etc. Cărbunele activ se folosește în laboratoarele de chimie, de exemplu, pentru limpezirea extractelor apoase de sol și sedimente actuale; silicagelul cu indicator este utilizat ca adsorbant în exsicatoare, prezentând avantajul că, pe măsura ce se încarcă cu vapori de apă, se decolorează și deci indică în acest fel momentul când este necesar să fie reactivat, prin uscare în etuvă electrică, la 105 – 110 °C.

ADSORBȚIE. Proces de fixare a unui gaz sau a unei substanțe dizolvate (adsorbat) pe suprafața unui corp solid (adsorbant), în urma căruia crește

adsorbantului la interfața solid-gaz sau solid-lichid. Între procesul de adsorbție sau cel invers, de desorbție se stabilește un echilibru dinamic.

ALCALII. Denumire folosită pentru hidroxizii metalelor alcaline, ale căror soluții apoase au o acțiune corosivă puternică. Sunt denumite și alcalii caustice.

ALCALIMETRIE. Parte a analizei volumetrice care cuprinde metodele de determinare a acizilor și a altor substanțe acide, prin titrare până la neutralizare, în prezență de indicatori, cu soluții de baze cu titrul cunoscut.

ALCALINITATE. Cantitatea de bază conținută într-un lichid sau într-o soluție, care se exprimă prin concentrația totală a bazei (normalitate, molaritate, molalitate) sau prin concentrația ionilor OH^-, respectiv *p*OH.

ALCOOL ABSOLUT. Alcool etilic liber de apă și de alte impurități, cu un conținut de alcool de minimum 99,8%, în greutate.

AMESTEC. Sistem format din două sau mai multe substanțe gazoase, lichide sau solide, în care fiecare substanță componentă își păstrează proprietățile caracteristice și poate fi separată de celelalte prin diverse metode chimice sau mecanice. Amestecurile pot fi omogene sau eterogene. Un amestec omogen este format din substanțe miscibile între ele și prezintă aceeași compoziție și aceleași proprietăți în toată masa. Amestecurile eterogene sunt formate din substanțe nemiscibile între ele, din care cauză compoziția și proprietățile acestor amestecuri nu sunt aceleași în toată masa lor. Din astfel de amestecuri, componentele se pot separa mecanic sau prin simplă depunere (exemple: suspensii, emulsii, etc.).

AMESTEC AZEOTROP. Amestec de două sau mai multe lichide reciproc solubile, care, într-o anumită compoziție, se comportă la distilare ca o substanță pură. Amestecul azeotrop este *pozitiv* cînd temperatura sa de fierbere este mai mică decît a fiecăruia dintre componenți și *negativ* cînd temperatura sa de fierbere este mai mare decît a componenților. Componenții din astfel de amestecuri nu pot fi separați prin distilare fracționată.

AMESTEC EUTECTIC. Amestec de două sau mai multe substanțe reciproc solubile care, într-o anumită compoziție, se comportă la topire ca o substanță pură. Punctul de topire al unui amestec eutectic este întotdeauna inferior punctelor de topire ale componentelor pure. El reprezintă cea mai coborâtă temperatură la care se poate topi un amestec de componente date, prezente în sistem în proporție specifică compoziției eutectice. În același timp, amestecul eutectic prezintă cele mai joase puncte de solidificare, dintre toate amestecurile posibile ale substanțelor chimice respective.

AMESTEC REFRIGERENT. Amestec constituit din două sau mai multe substanțe care, aduse în contact, inițiază un proces endoterm capabil să absoarbă căldura, provocând prin aceasta scăderea temperaturii mediului înconjurător.

AMESTECARE. Operație de omogenizare a mai multor substanțe, prin care se realizează în toată masa unui amestec aproximativ aceeași compoziție medie și

aceeași temperatură. Această operație mărește uneori viteza unor reacții chimice.

ANALIZĂ. Desfacerea unui tot în părțile componente, urmată de determinarea părților.

ANALIZĂ CALITATIVA. Parte a analizei chimice și fizico-chimice care cuprinde metodele de identificare a elementelor sau a componenților dintr-o substanță sau dintr-un amestec.

ANALIZĂ CANTITATIVA. Parte a analizei chimice și fizico-chimice care cuprinde metodele de determinare a proporției elementelor sau a grupurilor de elemente care intră în compoziția unei substanțe sau a unui amestec. Cuprinde analiza gravimetrică și analiza volumetrică.

ANALIZĂ CHIMICA. Identificarea și determinarea compoziției chimice a unei substanțe cu ajutorul unor reacții chimice specifice sau a unor proprietăți fizico-chimice specifice.

ANALIZĂ GRAVIMETRICA. Parte a chimiei analitice cantitative, în care se determină compoziția unei substanțe sau a unui amestec, prin separarea componenților sub formă de combinații insolubile și cântărirea lor, după uscare și calcinare. Sin. *Gravimetrie.*

ANALIZĂ IN PICATURA. Micrometodă de analiză cantitativă sau semicantitativă bazată pe reacții executate conform unei tehnici speciale, folosindu-se cantități foarte mici de substanță de analizat și de reactivi, măsurate prin intermediul unor micropipete. Reacțiile în picătură (de culoare sau de precipitare) sunt caracterizate printr-o mare sensibilitate.

ANGSTRÖM (Ă). Unitate de măsură, egală cu 10^{-7} mm, sau 10^{-8} cm, sau 10^{-10} m. Un angstrom = 0,0000000001 m.

ANION. Ion monoatomic (Cl^-, Br^-, I^-, F^- etc.) sau poliatomic (SO_4^{2-}, NO_3^-, HCO_3^- etc.), care poartă una sau mai multe sarcini electrice negative (monovalenți, bivalenți etc.) și care, sub acțiunea curentului electric, se orientează către polul pozitiv (anod).

ANTICOAGULANT. Substanță care împiedică coagularea unui sistem coloidal.

APĂ BIDISTILATĂ. Apă lipsită total de impurități; se obține prin redistilarea apei distilate în vase de sticlă, în care se introduc și anumite cantități de KOH și $KMnO_4$, în scopul îndepărtării microorganismelor și urmelor de substanțe organice din apa distilată. Este întrebuințată în analize chimice speciale, la prepararea etaloanelor etc.

APĂ DE CONSTITUTIE. Apa legată foarte puternic prin legături ionice ce nu pot fi desfăcute fără o alterare a rețelei cristaline. Poate fi eliminată treptat, prin reacții de deshidratare, cu distrugerea rețelei cristaline și formare de noi compuși.

APĂ DE CRISTALIZARE. Apa pe care o reține unele substanțe cristaline în molecula lor. Este legată prin legături van der Waals, imobile, care se desfac cu greutate. Una și aceeași substanță poate reține un număr diferit de molecule de apă.

Exemplu: $CaCl_2 \cdot H_2O$; $CaCl_2$; $2H_2O$; $CaCl_2 \cdot 4H_2O$; $CaCl_2 \cdot 6H_2O$. Component indispensabil al rețelei cristaline a carbohidraților. Unii dintre cristalohidrați pierd apa de cristalizare chiar la temperatura camerei (exemplu: $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$), în timp ce pentru deshidratarea altora este nevoie de o încălzire destul de puternică. Eliminarea apei de cristalizare conduce, în general, la distrugerea rețelei cristaline a cristalohidratului, fără descompunerea substanței însăși.

APĂ DISTILATA. Apa care nu conține practic substanțe dizolvate.

APĂ DURA. Apa naturală care conține cantități mari de săruri de calciu și de magneziu. Nu face spumă cu săpunul, întrucât sărurile de sodiu solubile conținute în săpun trec în săruri de calciu greu solubile.

APĂ DE HIGROSCOPICITATE. Apa legată prin legături puternice, imobile, care nu se pot desface în condiții normale de presiune și temperatură. Moleculele de apă sunt fixate la presiuni foarte mari (peste 10000 atmosfere) și se elimină prin încălzire în vid, la 105 – 110°C.

APĂ OXIGENATĂ (H_2O_2). Lichid incolor, siropos, solubil în apă, eter, insolubil în eter de petrol. Oxidant puternic. Soluțiile care conțin 30% H_2O_2 poartă denumirea de perhidrol. Sub acțiunea luminii, căldurii și a catalizatorilor, apa oxigenată se descompune. În concentrație de 3% este folosită ca dezinfectant.

APĂ REGALA. Amestec obținut din trei volume de acid clorhidric concentrat (d = 1,19) și un volum de acid azotic concentrat (d = 1,40). Utilizat la dezagregarea probelor de roci, minereuri etc.

APĂ REGALĂ INVERSA. Amestec obținut din trei volume de acid azotic concentrat (d = 1,40) și un volum de acid clorhidric concentrat (d = 1,19). Utilizat pentru trecerea probelor de roci, minereuri etc. în soluție. Sinonim *amestec Lünge.*

ATOM-GRAM. Cantitatea, în grame, dintr-un element, numeric egală cu masa acestuia (exemplu: un atom-gram de oxigen reprezintă 15,9994 g de oxigen).

BALANȚĂ. Aparat de laborator care servește la determinarea greutății unui corp, prin compararea cu o greutate etalon.

BALANȚĂ ANALITICĂ. Balanță cu ajutorul căreia se pot aprecia greutăți până la 0,0001 g (balanță analitică obișnuită) sau până la 0,000001 g (microbalanță). Este utilizată în analiza chimică cantitativă.

BALANȚĂ TEHNICĂ. Balanță cu ajutorul căreia se pot face cântăriri cu exactitate de numai + 0,01 g.

BALON COTAT. Balon de sticlă, cu gâtul lung și fundul plat, cu dop de sticlă rodat și cu o marca ce indică precis volumul lichidului din interior la o temperatură dată (de obicei 20°C).

Baloanele cotate pot avea capacități diferite și sunt utilizate la prepararea soluțiilor de concentrație cunoscută sau pentru măsurarea volumelor de soluții.

BALON DE STICLA. Vas de sticlă, bombat, cu gâtul lung sau scurt, cu fundul plat sau rotund, utilizat pentru încălzirea sau fierberea lichidelor și a soluțiilor,

precum și la confecționarea pisetelor și a unor aparate utilizate în laboratoarele de chimie.

BALON KJELDAHL. Vas de sticlă în formă de pară, cu gâtul lung și fund rotund, utilizat la mineralizarea cu acid sulfuric (și acid percloric) a probelor biologice, a celor de soluri, sedimente actuale etc., în vederea dozării azotului organic și, uneori, a fosforului.

BARBOTARE. Proces de trecere forțată a unui gaz dispersat în bule mici, sub forma unui curent ascensional, prin masa unui lichid.

BAZE. Denumire comună folosită pentru o categorie de substanțe chimice a căror soluție apoasă are gust leșios, albăstrește hârtia de turnesol, formează săruri cu acizii. După tăria și aciditatea lor, se clasifică în: baze tari (NaOH, KOH etc.) și baze slabe (NH_4OH etc.), respectiv în baze monoacide (NaOH, KOH, NH_4OH), biacide ($Ca(OH)_2$ etc.) și triacide ($Al(OH)_3$ etc.).

BEC. Arzător special de laborator pentru combustia gazelor, care permite reglarea accesului aerului și a gazului, arderea făcându-se, după necesitate, în flacără oxidantă (albăstruie) sau reducătoare (luminoasă). Exemple: bec Bunzen, bec Mecker, bec Teclu etc.

BEC BUNZEN. Arzător folosit la lucrările de laborator, alimentat cu gaze naturale, a cărui flacără poate atinge la vârf temperatura de 1500°C; gazul intră în bec pe un tub lateral, iar aerul prin niște orificii situate radial, deasupra.

BEC MECKER. Arzător de laborator prevăzut la capătul tubului de amestec al gazului cu aerul cu o sită care împiedică flacăra să se întoarcă înapoi; temperatura pe care o dezvoltă becul Mecker este – la vârful flăcării – de 1770°C.

BEC TECLU. Arzător de laborator la care intrarea aerului în bec este reglată cu ajutorul unei rondele care se poate mișca vertical, permițând o mai bună amestecare a aerului cu gazul și realizarea unor temperaturi mai înalte decât la becul Bunzen.

DECANTARE. Metodă hidromecanică de separare a amestecurilor de substanțe de tipul suspensiilor, constând în depunerea fazei solide, urmată de îndepărtarea fazei lichide care se separă deasupra, prin scurgere sau sifonare. Metoda este frecvent utilizată în operația de filtrare a precipitatelor rezultate în cursul analizei gravimetrice.

DENSITATE. Mărime fizică, definită prin raportul dintre masa și volumul unui corp. Reprezintă numeric masa unității de volum și se exprimă de obicei în grame pe centimetru cub sau în kilograme pe metru cub. Variază în raport cu teperatura, cu presiunea, cu starea de agregare sau cu structura internă. Sinonim *masă specifică.*

DENSITATE ABSOLUTA. Masa unității de volum exprimate în grame pe centimetru cub.

DENSITATE APARENTA. Raportul dintre masa unui corp și volumul lui (inclusiv volumul porilor).

DENSITATE REALA A CORPURILOR POROASE. Densitatea unui corp

corp poros excluzând volumul porilor este aproximativ egală cu raportul dintre masa corpului adus în stare de pulbere și volumul ocupat de pulbere.

DESCOMPUNERE. Reacție chimică în urma căreia o substanță constituită din molecule cu structură mai complicată trece în sau mai multe substanțe constituite din molecule mai simple. Este reacția inversă combinării. Ex. $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$

DESCOMPUNERE TERMICĂ. Desfacere, sub acțiunea căldurii, a unei substanțe în elementele componente sau în substanțe mai simple. Ex.:

$$CaC_2O_4 \cdot H_2O \xrightarrow{105^\circ C} CaC_2O_4 + H_2O$$
$$CaC_2O_4 \xrightarrow{500-800^\circ C} CaO + CO_2 + CO$$

DESHIDRATARE. Proces care constă în eliminarea apei dintr-un material sau dintr-o combinație chimică. Se face prin încălzire, congelare, distilare azeotropă și, de asemenea, prin folosirea substanțelor adsorbante (silicagel, clorură de calciu etc.) sau deshidratante (acid sulfuric, anhidridă fosforică etc.).

DEZAGREGARE. Transformare chimică a unui material sau a unei combinații chimice insolubile în dizolvanții obișnuiți, în una sau mai multe substanțe solubile, cu ajutorul unor reactivi speciali. Se efectuează fie prin topire cu carbonați alcalini, fie prin tratare cu diferiți acizi sau amestecuri de acizi. Operația de dezagregare constituie una din fazele analizei chimice a rocilor, minereurilor, solurilor, sedimentelor actuale etc.

DEZAGREGARE ACIDĂ. Se realizează prin dizolvarea probei de analizat într-un acid concentrat sau diluat, ori în amestecuri de doi sau mai mulți acizi. Sinonim *Dezagregare pe cale umedă.*

DEZAGREGARE PE CALE USCATĂ. Constă în topirea cu ajutorul unui fondant sau amestecuri de fondanți, într-un creuzet de laborator, a materialelor care nu se pot dezagrega pe cale umedă. Operația presupune cunoștințe speciale și o experiență suficientă.

DILUANT. Substanță lichidă, solidă sau gazoasă care are rolul de a micșora concentrația unui produs chimic.

DILUARE. Micșorare a concentrației unei substanțe (solidă, lichidă sau gazoasă) prin amestecare cu o altă substanță solidă, lichidă sau gazoasă, fără a influența proprietățile chimice ale substanței respective. Exemplu: diluarea cu apă distilată a soluțiilor concentrate de acizi sau baze, diluarea acetilenei cu aer etc.

DISTILARE. Proces de vaporizare a unui lichid, urmată de condensarea vaporilor și recuperarea – separată – atât a condensatului cât și a reziduului.

DISTILARE ÎN VID. Proces de separare a componenților dintr-un amestec de substanțe lichide, efectuat la presiuni mai scăzute decât presiunea atmosferică, cu precizarea că temperaturile de fierbere ale componentelor scad cu scăderea presiunii și distilarea se face la temperaturi inferioare punctului de fierbere.

DIZOLVANT. Component de bază al unei soluții, care se găsește în cantitate

mult mai mare decât substanța dizolvată. În cazul soluției unei substanțe solide în apă, dizolvantul este apa; în cazul soluției unei substanțe lichide în apă (exemplu, alcool în apă) , componenta care se găsește în cantitate mai mare constituie dizolvantul. Cel mai frecvent dizolvant e apa, aceasta putând dizolva un număr mare de substanțe solide, lichide și gazoase. Sinonim *Solvent.*

DIZOLVARE. Proces de trecere în soluție a unei substanțe gazoase, lichide sau solide. Constă în repartizarea uniformă, prin difuziune, a moleculelor sau ionilor substanței dizolvate în întreg volumul soluției și în interacțiunea lor cu moleculele dizolvantului. Procesul e însoțit de efecte termice, unele substanțe dizolvându-se cu absorbție de căldură (exemplu: NH_4NO_3, NH_4Cl, $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ etc.), iar altele cu degajare de căldură (exemplu: NaOH, KOH etc.).

Operația de dizolvare poate fi accelerată prin agitarea soluției, prin mărirea suprafeței de contact a substanței care se dizolvă, cu dizolvantul (realizată printr-o mojarare fină a substanțelor solide, de exemplu) și prin încălzire.

DIZOLVAT. Componentă a unei soluții care se găsește dispersată omogen, sub formă de molecule sau ioni, în toată masa soluției. Constituie substanța (lichidă, solidă sau gazoasă) care se dizolvă intr-un dizolvant corespunzător. Sinonim *Solvat.*

DOZARE. Determinarea cantitativă a unui element sau a unui component dintr-un compus chimic sau dintr-un amestec, precum și măsurarea reactanților care se introduc sau a produșilor chimici care rezultă dintr-o reacție. Metodele de dozare se bazează pe proprietățile fizice ale diverselor elemente sau grupe de atomi.

DURITATEA APEI. Proprietate dată apei de sărurile de calciu și de magneziu dizolvate, care o fac improprie folosirii industriale din cauza formării de cruste în cazanele de abur; apa dură formează săpunuri insolubile de calciu și magneziu și nu face spumă cu săpunul, nu fierbe legumele etc. .

DURITATEA APEI. Clasificarea apelor în funcție de duritate (~)

- ape foarte moi (conțin între 0 și 40 mg CaO/l, având duritatea cuprinsă între 0 și 4 grade germane);
- ape moi (conțin între 40 și 80 mg CaO/l, având duritatea cuprinsă între 4 și 8 grade germane);
- ape moderat dure (conțin între 80 și 120 mg CaO/l, având duritatea cuprinsă între 8 și 25 grade germane);
- ape dure (conțin între 180 și 250 mg CAO/l, avînd duritatea cuprinsă între 18 și 25 grade germane)
- ape foarte dure (conțin 300 mg CaO/l, având duritatea 30 grade germane).

DURITATEA APEI. Grad de ~ . Duritatea apei se exprimă în grade de duritate. Un grad german de duritate este egal cu 10 mg CaO sau cantitatea echivalentă de MgO în 1000 ml apă. Un grad francez de duritate este egal cu 10 mg $CaCO_3$ sau cantitatea echivalentă de $MgCO_3$ în 1000 ml apă. Un grad englez de duritate este egal cu 64,8 mg $CaCO_3$ sau cantitatea echivalentă de $MgCO_3$ în 4,543 l

de apă (1gallon).

DURITATE PERMANENTA. Este dată de cantitatea de săruri de calciu şi magneziu ale acizilor tari ($CaSO_4$, $MgCl_2$ etc.) pe care o conţine o apa şi care, prin fierbere, rămâne în soluţie.

DURITATE TEMPORARA. Este dată de cantitatea de săruri de calciu şi magneziu, sub formă de bicarbonaţi, pe care o conţine o apă şi care, prin fierbere precipită, cu degajare de CO_2.

DURITATE TOTALA. Reprezintă suma durităţilor temporară şi permanentă, adică totalitatea sărurilor de calciu şi magneziu dizolvate in apă.

ECHIVALENT CHIMIC. Cantitatea dintr-un element, dintr-un radical sau dintr-un corp compus care se combină sau care se substituie unui atom de hidrogen într-o reacţie chimică. Pentru elemente, echivalentul chimic este dat de raportul dintre greutatea atomică a acestora şi valenţa lor. Pentru substanţele compuse, echivalentul chimic este dat de raportul dintre greutatea moleculară a acestora şi numărul de echivalenţi ai elementului sau ai radicalului care ia parte la reacţie.

ECHIVALENT-GRAM. Cantitatea, în grame, corespunzătoare unui echivalent chimic sau cantitatea, în grame, din substanţa respectivă, care se combină cu 1,008 g H_2 ori cu 8 g O_2 , sau care poate înlocui cantităţile menţionate de hidrogen ori de oxigen în combinaţiile lor.

EFERVESCENŢA. Degajare de gaz în cursul unei reacţii chimice în care cel puţin unul dintre componenţi se găseşte în fază lichidă (exemplu: în reacţia dintre $CaCO_3$ şi o soluţie de HCl se produce efervescenţă prin degajare de bioxid de carbon:

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

ELEMENT CHIMIC. Substanţă simplă, care prin procedee chimice nu poate fi descompusă în alte substanţe. Este definit prin sarcina nucleară, adică numărul atomic Z. Se cunosc 105 elemente chimice, fiecare dintre acestea fiind prescurtat printr-un simbol.

EPRUBETE. Tuburi de sticlă neutră, greu fuzibilă, cu pereţi subţiri, închisă la un capăt printr-un fund bombat. Pot fi gradate sau negradate. Reprezintă cele mai simple vase de laborator şi sînt utilizate pentru efectuarea reacţiilor şi a analizelor chimice calitative.

EPRUBETE DE CENTRIFUGA. Eprubete confecţionate din sticlă mai groasă sau din material plastic. Au formă cilindrică sau de pară şi au capacităţi diferite (5 ml, 10 m l, 25 ml, 50 ml, 100 ml).

EROARE. Diferenţa dintre valoarea adevărată a unei mărimi şi valoarea găsită prin măsurare.

EROARE ABSOLUTĂ. Valoarea absolută a diferenţei dintre valoarea adevărată şi valoarea determinată. Exemplu: precizia unei cântăriri la balanţa analitică este de ± 0,0001 g.

EROARE ACCIDENTALĂ. Eroarea care apare la o măsurare și care nu mai apare la repetarea măsurării în condiții identice.

EROARE INCIDENTALĂ. Eroarea datorată unor cauze care nu pot fi înlăturate. Are valoare mică, pozitivă sau negativă; se compensează.

EROARE REALĂ. Diferența dintre valoarea adevărată (V) a unei mărimi și una din valorile obținute prin efecturea unui număr n de determinări:

$$M_1, M_2, M_3, \ldots, M_n$$

$$V_1 = (V - M_1);\ V_2 = (V - M_2) \ldots\ V_n = (V - M_n)$$

EROARE RELATIVĂ. Raportul dintre eroarea absolută și valoarea mărimii determinate.

EROARE SISTEMATICĂ. Eroare datorată unui efect, cunoscut sau necunoscut, care trebuie înlăturat. Erorile sistematice se produc într-un singur sens, nu se compensează, ci se acumulează.

EXACTITATEA METODELOR DE ANALIZĂ. Gradul de apropiere al rezultatelor obținuTe în cazul aplicării unei metode de analiză la dozarea unui element, față de conținutul real al probei în elementul respectiv.

EXPERIENȚĂ. Repetarea voită, în condiții determinate, la scară de laborator, a unui fenomen oarecare din natură. Constituie o metodă de lucru pentru științele experimentale. Rezultatele experienței sunt întotdeauna hotărâtoare pentru confirmarea sau infirmarea unei ipoteze formulate în vederea explicării unui fenomen sau a unui grup de fenomene înrudite. Sinonim *Experiment.*

ETUVĂ. Aparat de laborator de formă paralelipipedică sau cilindrică, ce permite încălzirea unor substanțe, vase de laborator etc. până la temperatura de 220°C . Cele mai răspândite sunt etuvele electrice cu termoreglare, care dau posibilitatea încălzirii la o temperatură constantă și stabilită după dorință. Citirea temperaturii din interiorul etuvei se face cu ajutorul unui termometru așezat cu scala de citire în exterior și cu rezervorul de mercur în incinta acesteia. Se folosesc la uscarea probelor, determinarea umidității acestora, sterilizarea sticlăriei de laborator etc.

FACTORUL UNEI SOLUȚII. Reprezintă numărul care arată corespondența dintre 1 ml soluție aproximativ normală și o soluție exact normală sau valoarea raportului dintre titlul real al unei soluții și titlul teoretic al acelei soluții

$$F = \frac{\text{Titrul real}}{\text{Titrul teoretic}}$$

FEMTOLITRU (fl) = 10^{-15} litri.

FILTRARE. Procedeu de separare mecanică a fazei solide de faza lichidă, dintr-o suspensie, cu ajutorul unor materiale poroase. Operația este dependentă de mărimea particulelor fazei solide suspensiile grosiere pot fi filtrate mai repede decât cele fine), natura cristalină sau amorfă a fazei solide (suspensiile cristaline filtrează

mai ușor), vâscozitatea fazei lichide, (lichidele vâscoase filtrează greu). Filtrarea se poate efectua la presiune și temperatură normale sau – în scopul grăbirii ei la diferite presiuni și temperaturi.

FILTRAT. Lichidul limpede rezultat după filtrarea unei suspensii.

FIOLĂ DE CÂNTĂRIRE. Sunt vase de sticlă, prevăzute cu capac șlefuit pentru asigurarea etanșeității. Sunt utilizate pentru cântărirea cu precizie a substanțelor sub formă de pulbere sau lichide, pentru determinarea umidității probelor etc.

FLACARĂ. Masă incandescentă de gaze, dezvoltată la arderea unor substanțe combustibile. Se obține, de obicei, prin arderea unui gaz sau a unui amestec de gaze cu oxigenul din aer. Este cu atât mai luminoasă cu cât conține mai multe particule incandescente aflate în suspensie. Este constituită din trei regiuni: o regiune inferioară (miezul flăcării), în care se produce arderea parțială a hidrocarburilor, cu formare de oxid de carbon și hidrogen, o regiune exterioară, (mantaua flăcării) cu temperatura cea mai înaltă, în care se desăvârșește arderea completă, o regiune intermediară, care, în cele mai multe cazuri este luminoasă datorită conținutului mare de particule de carbon incandescente pe care le conține (din care cauză este și reducătoare). Temperatura flăcării variază după construcția becurilor în care ard gazele (de exemplu, în becul Bunzen este de aprox. 1550°C , în becul Teclu de 1750°C , iar în suflătorul oxiacetilenic de aprox. 2700°C) și după natura gazelor (v. temperaturile unor flăcări).

FLACĂRĂ OXIDANTĂ. Flacără scurtă, albăstruie, având temperatura înaltă, obținută prin arderea unui combustibil cu exces de aer.

FLACĂRĂ REDUCĂTOARE. Flacără lungă, de culoare galben-roșietică, arzând cu mult fum, cu temperatură mai joasă decât a flăcării oxidante, obținută prin arderea unui combustibil în aer neîndestulător.

FLACOANE ERLENMEYER. Sunt vase de laborator din sticlă, de formă conică. Se utilizează pentru titrări volumetrice, precipitări, încălzirea unor soluții etc. și au capacitate variabilă, cuprinsă între 25 ml și 500 ml.

FONDANT. Substanță care înlesnește topirea corpurilor greu fuzibile, formând cu acestea un amestec cu punct de topire mai scăzut decât al ambilor componenți.

HALOGENI. Denumire dată elementelor din grupa a-VII-a principală a tabelului lui Mendeleev: fluor, clor, brom, iod, și astatin; sunt caracterizate printr-o comportare generală asemănătoare.

HALOGENURI. Combinații ale halogenilor cu celelalte elemente chimice (metale și nemetale). Sunt săruri ale hidracizilor halogenilor (fluoruri, cloruri, bromuri, ioduri), în marea lor majoritate solubile în apă.

HIDROXID. Denumire folosită pentru produsul rezultat în urma reacției dintre un oxid și apă.

HIGROSCOPICITATE. Proprietate a unor substanțe anhidre de a absorbi

vaporii de apă din atmosferă, trecând în cristalohidrați. Exemplu: $CaCl_2$ absoarbe treptat vaporii de apă trecând în $CaCl_2 \cdot 6H_2O$. În baza acestei proprietăți, clorura de calciu anhidră este utilizată ca absorbant în exsicatoare.

INDICATORI. Sunt substanțe care își pot modifica unele proprietăți (culoare, fluorescență etc.) în funcție de modificările care au loc într-un sistem chimic care evoluează și în care au fost introduse, indicând sfârșitul unei reacții (punctul de echivalență), respectiv momentul în care sistemul s-a transformat integral. După natura sistemelor chimice în care sunt utilizați, indicatorii pot fi: a) acido-bazici; b) redox; c) de absorbție; d) de fluorescență etc.

INDICATORI ACIDO-BAZICI. Substanțe a căror culoare se schimbă în funcție de concentrația ionilor H^+ sau OH^-, respectiv de *p*H. Aceste substanțe trebuie să îndeplinească următoarele condiții: schimbarea culorii să fie reversibilă, adică indicatorul să funcționeze reversibil; schimbarea culorii să se producă brusc, într-un interval de *p*H foarte mic; indicatorul să fie solubil în apă, pentru ca soluția să fie suficient colorată; indicatorul să aibă putere de colorare astfel încât chiar pentru cantități mici de indicator culoarea să fie observabilă; indicatorul să fie stabil în condițiile obișnuite de lucru. Sinonim *indicatori de pH*.

INDICATORI DE ADSORBTIE. Sunt substanțe care își modifică culoarea sau fluorescența prin adsorbție pe suprafața unui precipitat.

INDICATORI DE FLUORESCENȚĂ. Sunt substanțe care, la o variație mică a ionilor de hidrogen la punctul de echivalență, își modifică fluorescența; se folosesc în soluții colorate care nu au fluorescență proprie.

INDICATORI REDOX. Sunt substanțe care arată punctul de echivalență într-o reacție de oxido-reducere. Acești indicatori trebuie să fie sensibili în concentrații foarte mici pentru a nu consuma decât cantități infime de reactivi, iar modificarea proprietăților lor trebuie să fie instantanee și ireversibilă.

INDICATORI UNIVERSALI. Indicatori formați dintr-un amestec de indicatori care arată cu aproximație *p*H-ul unei soluții.

ION. Sistem format dintr-un atom (ion monoatomic) sau mai mulți atomi (ion poliatomic), care poartă una sau mai multe sarcini pozitive (exemplu: Na^+, NH_4^+, Ca^{2+}, Al^{3+}, Ti^{4+}) sau negative (exemplu: Cl^-, NO_2^-, NO_3^-, SO_4^{2-}, PO_4^{3-} etc.).

MASĂ ATOMICĂ. Număr care arată de câte ori este mai mare masa unui atom decât unitatea de masă atomică (care reprezintă a 16-a parte din masa atomului de oxigen, respectiv a 12-a parte din masa atomului de carbon).

METODĂ GRAVIMETRICĂ DE ANALIZĂ. Reprezintă cea mai veche metodă de analiză chimică și se bazează pe reacții chimice corespunzătoare, astfel încât dintr-o anumită cantitate de probă se obține componentul care trebuie determinat sub forma unui precipitat de compoziție cunoscută, care se filtrează, se spală, se usucă, se calcinează până la masă constantă și se cântărește la balanța analitică.

METODĂ VOLUMETRICĂ DE ANALIZĂ. Este o metodă veche, bazată pe reacții chimice între componentul care trebuie determinat și soluția unui reactiv convenabil ales; sfârșitul reacției (momentul în care elementul de determinat a reacționat complet) este pus în evidență de schimbarea coloratiei soluției (virajul indicatorului) sau după alte criterii. Prin măsurarea volumului soluției de reactiv utilizat (a cărui concentrație este precis cunoscută), se calculează cantitatea de substanță care trebuie determinată.

METODE CHIMICE DE ANALIZĂ. Sunt metodele care se bazează pe reacții chimice de descompunere, de oxido-reducere, de neutralizare, pe formarea sau dispariția unui precipitat sau apariția și modificarea coloratiei soluției, formarea combinațiilor complexe etc. Aceste metode dispun de un număr redus de indici, respectiv de: greutatea precipitatelor obținute în reacție la analiza gravimetrică; volumul de reactiv în soluție consumat în reacție, la analiza volumetrică, variația volumului amestecului gazos, la analiza gazelor.

MICRO -. Prefix care indică a milioana parte (10^{-6}). Are simbolul μ. Exemplu: $1\mu = 10^{-6}$ grame.

MICROANALIZĂ. Metodă de analiză chimică calitativă sau cantitativă a compușilor minerali sau organici, în care se utilizează cantități de substanțe mai mici de 10 miligrame.

MICROECHIVALENT. $\mu Eq = 10^{-6}$ Eg. Reprezintă a milioana parte dintr-un echivalent.

MICROGRAM. Reprezintă a milioana parte dintr-un gram. Are simbolul μg; $1\mu g = 10^{-6}$ grame $= 10^{-3}$ mg = 1 gamma.

MICROLITRU. Reprezintă a milioana parte dintr-un litru. Are simbolul μl; $1\mu l = 10^{-6}$ litri.

MICROMOL. Reprezintă a milioana parte dintr-un mol. Are simbolul μmol; $1\mu mol = 10^{-6}$ moli.

MICROPIPETĂ. Pipetă cu dimensiuni mici, folosită în microanaliză pentru măsurarea unor volume mici de lichid (între 0,01 ml și 1 ml).

MILI -. Prefix care indică a mia parte (10^{-3}). Are simbolul m. Exemple: 1ml = 10^{-3} litri; 1 mg = 10^{-3} grame; 1 mm = 10^{-3} metri.

MILIECHIVALENT. (mEq) Reprezintă a mia parte dintr-un echivalent. 1 mEq = 10^{-3} Eq.

MILIGRAM. Reprezintă a mia parte dintr-un gram. Are simbolul mg.

MILILITRU. Reprezintă a mia parte dintr-un litru. Are simbolul ml; 1ml = 10^{-3} litri.

MILIMOL. Reprezintă a mia parte dintr-un mol. 1 mmol = 10^{-3} moli.

MOJAR. Ustensilă de laborator, de formă semisferică și cu fundul plat, confecționată din porțelan, sticlă, agat, fintă etc. Servește la mărunțirea foarte fină a substanțelor ce urmează a fi supuse analizei chimice.

MOL. Cantitatea de substanță, exprimată în grame, numeric egală cu masa moleculară a compusului respectiv. Exemplu: 36,47 g acid clorhidric reprezintă un mol din această substanță. *Sinonim moleculă-gram.*

NANO -.Prefix care indică a miliarda parte (10^{-9}). Are simbolul n.

NANOECHIVALENT. (nEq) = 10^{-9} echivalenți.

NANOGRAM. (ng) = 10^{-9} grame.

NANOLITRU. (nl) = 10^{-9} litri.

NANOMOL. (nmol) =10^{-9} moli.

OTOLITRU. (ol) = 10^{-18} litri.

PAHARE BERZELIUS. Sunt vase de sticlă de formă cilindrică, cu volume cuprinse între 25 ml și 2000 ml. Se utilizează pentru dizolvări, evaporări, precipitări etc. Pot fi gradate sau negradate.

PERHIDROL. Denumire comercială folosită pentru soluția de apă oxigenată de concentrație 30%.

PERMANGANOMETRIE. Parte a analizei volumetrice de oxido-reducere, în care se folosește ca reactiv o soluție titrată de $KMnO_4$. Titrarea se face în mediu acid, neutru sau alcalin, cea mai folosită fiind aceea în mediu puternic acid. Sin. *Manganometrie.*

pH. Logaritmul cu semn schimbat al concentrației ionilor de hidrogen (măsurat ca numărul de ioni-gram de hidrogen existenți într-un litru de soluție). Are valori cuprinse între 0 și 14; valoarea 7 corespunde unui mediu cu caracter neutru, valorile mai mici de 7 corespund domeniului acid, iar cele mai mari de 7 domeniului bazic. Determinarea valorii *p*H-ului se face fie cu indicatori, fie cu ajutorul unor aparate *p*H -metre.

PICO- . Prefix care indică a trilioana parte (10^{-12}). Are simbolul p. Exemplu: 1 picogram (1 pg)=10^{-12} grame; 1 picolitru=10^{-12} litri; 1 picomol (pmol)=10^{-12} moli etc.

PIPETE. Sunt tuburi gradate sau negradate, cu formă adaptată pentru a fi introduse cu ușurință în flacoane. Au vârful subțiat, terminat cu o secțiune circulară bine șlefuită. Servesc la măsurarea rapidă a unor volume mici de lichide. Pipetele cu golire totală (cotate) sunt fără scară gradată și au capacitatea cuprinsă între 1 și 100 ml (1 ml; 2 ml; 5 ml; 10 ml; 25 ml; 50 ml; 100 ml), iar cele cu golire parțială (gradate) au o scară gradată, pentru capacități cuprinse între 1 și 25 ml (1 ml; 2 ml; 5 ml; 10 ml; 20 ml; 25 ml). Pipetele gradate au formă clindrică, iar cele cotate au la mijloc o umflătură, pe care este gravată capacitatea și temperatura de lucru.

PIROGENARE. Transformare sau reacție chimică accelerată prin temperaturi relativ înalte, de obicei peste 500°C.

PALNII DE FILTRARE. Sunt utilizate pentru filtrarea și transvazarea lichidelor. Au unghiul de deschidere de 60 grade și pot avea coadă lungă sau scurtă, tăiată oblic; sunt de diferite dimensiuni.

PRECIPITARE. Trecerea în stare solidă (sub formă cristalină, amorfă sau de gel) a unei substanțe care se află în soluție. Poate fi rezultatul unei reacții chimice sau al evaporării și al răcirii soluției sau al unei încălziri (în cazul gelurilor).

PRECIPITAT. Substanță solidă obținută prin precipitare. Poate fi cristalin, amorf sau sub formă de gel. Prin filtrare, precipitatul poate fi separat de faza lichidă în care s-a format.

PRESIUNE ATMOSFERICA. Presiunea exercitată de o coloană de 760 mm, cu secțiunea de 1 cm^2, la zero grade, la nivelul mării și latitudinea de 45°.

PRODUS DE SOLUBILITATE. Mărime caracteristică pentru fiecare electrolit greu solubil, care reprezintă produsul concentrației ionilor ce se găsesc într-o soluție pură, saturată. Este constant pentru o anumită temperatură și definește gradul de solubilitate al unei substanțe. Sinonim *Produs ionic.*

PUNCT DE FIERBERE. Temperatură la care presiunea vaporilor unui lichid devine egală cu presiunea de 760 mm Hg (temperatura normală de fierbere); în cazul substanțelor pure, punctul de fierbere rămâne constant pe tot timpul fierberii, iar în prezența unor impurități valoarea acestuia se modifică.

PUNCT DE NEUTRALIZARE. Punctul în care, la titrarea unui acid cu o bază sau a unei baze cu un acid, concentrația ionilor de hidrogen este egală cu concentrația ionilor de hidroxil și este egală cu 10^{-7}.

PUNCT DE VIRAJ. Punctul la care un indicator își schimbă culoarea, în cursul unei titrări.

SARURI. Substanțe care rezultă în urma reacției dintre un acid și o bază și care, în soluție apoasă, pun în libertate ioni de metal și de radical acid.

SCARA DE TEMPERATURA CELSIUS. Scară de temperatură în care punctul de topire al gheții este 0°C, iar punctul de fierbere al apei este 100°C, în condiții de presiune standard (760 mm Hg)

SCARA DE TEMPERATURA FAHRENHEIT. Scară de temperatură în care punctul de topire al gheții este 32°C, iar punctul de fierbere al apei este 212°C, în condiții de presiune normală (760 mm Hg).

SCARA DE TEMPERATURA KELVIN. Scară de temperatură în care punctul de topire al gheții este 273,16°. În această scară, temperatura se notează cu *T*, iar gradele cu °K (grad Kelvin).

SCARA DE TEMPERATURA REAUMUR. Scară de temperatură în care punctul de topire al gheții este 0°, iar punctul de fierbere al apei este 80°, în condiții de presiune standard (760 mm Hg).

SCHIMBATORI DE IONI. Compuși naturali sau sintetici, de natură minerală sau organică, ce au proprietatea de a reține anumiți ioni din unele soluții (în care nu se dizolvă), cedând în schimbul lor alți ioni din propria compoziție. După natura ionilor pe care îi cedează (anioni sau cationi) sunt denumiți cationiți sau anioniți. Sunt utilizați pentru demineralizarea sau epurarea apei, la diferite purificări etc.

SISTEM ETEROGEN. Sistem discontinuu, alcătuit din mai multe faze, care prezintă diferențe în proprietățile sale.

SISTEM OMOGEN. Sistem fizico-chimic care are aceleași proprietăți fizice și chimice în toate punctele sale; este format dintr-o singură fază (gazoasă, lichidă sau solidă).

SOLIDIFICARE. Procesul de trecere a unei substanțe din starea lichidă în starea solidă (cristalină sau amorfă), realizată, de obicei, prin scăderea temperaturii.

SOLUBILITATE. Proprietate a unei substanțe de a se dizolva într-un dizolvant oarecare. Se exprimă, în general, prin cantitatea maximă de substanță care se poate dizolva în 100 g solvent la o temperatură dată. Solubilitatea substanțelor variază în limite foarte largi, în funcție de natura lor, natura dizolvantului și de temperatură. După solubilitatea lor în apă, la 20°C, substanțele se împart în: substanțe ușor solubile, a căror solubilitate este mai mare de 10 g(exemplu: NaOH, KOH, NaCl, $NaNO_3$ etc.), substanțe putin solubile, a căror solubilitate este mai mică de 1 g (exemplu: $CaSO_4$, $CaCO_3$ etc.) și substanțe practic insolubile (greu solubile, a căror solubilitate este mai mică de 0,01 g (exemplu: AgCl, $BaSO_4$, AgBr etc.).

TEMPERATURĂ ABSOLUTĂ. Temperatura măsurată în grade absolute, adică de la zero absolut (–273°C).

TEMPERATURĂ DE FIERBERE. Temperatura la care un lichid se transformă în vapori în toată masa sa. Sinonim *Punct de fierbere.*

TEMPERATURĂ DE ÎNGHEȚARE. Temperatura la care un lichid se solidifică. Sinonim *Punct de înghețare*; *punct de solidificare*; *punct de congelare.*

TERA. Prefix care indică de trilioane de ori: 10^{12}. Are simbolul T. Exemplu Tm = 10^{12} m = 1 trilion de metri.

TITRARE. Operație folosită pentru determinarea unei substanțe chimice prin măsurarea volumului dintr-un reactiv dat, de concentrație cunoscută, care reacționează cantitativ cu substanța respectivă.

TRANSFORMAREA MILIGRAMELOR ÎN MILIECHIVALENȚI. Se face aplicând formula:

$$\text{miliechivalenți} = \text{miligrame} \cdot \frac{\text{valența}}{\text{masa moleculară}}$$

TURNESOL. Substanță colorată, extrasă din unele specii de licheni. Se prezintă sub formă de pulbere de culoare albastră, parțial solubila în apă sau în alcool. *Indicator.* Soluția albastră de turnesol își schimbă culoarea din albastru în roșu în prezența unui acid. Se întrebuințează la fabricarea hârtiei de turnesol utilizate în laboratoarele de chimie analitică.

ULTRAMICROANALIZĂ. Parte a chimiei analitice care se ocupă cu identificarea și dozarea substanțelor în cantități de ordinul microgramului (1 μg= 10^{-6} g = 1 gamma).

ULTRAMICROBALANȚĂ. Microbalanță cu care se pot efectua cântăriri cu o

exactitate mai mare de 0,001 mg. Se cunosc tipuri de balanță a căror precizie de cântărire atinge 0,0001 mg sau chiar 0,000001 mg.

UMIDITATE. Conținutul de lichid dintr-un mediu solid sau gazos. În cazul solidelor, umiditatea poate fi internă (lichidul din porii și capilarele solidului) sau superficială (lichidul de la suprafața corpurilor) și se exprimă prin cantitatea de lichid reținută de unitatea de masă de corp solid (de regulă, în %). Umiditatea totală a unui corp solid este dată de umiditatea de îmbibație a acestuia și de umiditatea sa higroscopică. Umiditatea de imbibație se determină prin uscarea probei la aer (la temperatura mediului ambiant) sau în etuvă la 70°C, pierderea în greutate determinându-se gravimetric. Umiditatea higroscopică se determină prin uscarea probei în etuvă electrică, la 105 + 5° C, până la masă constantă, pierderea în greutate stabilindu-se, de asemenea, gravimetric.

VAPORIZARE. Trecerea unei substanțe din stare lichidă în stare gazoasă. Când fenomenul are loc numai la suprafața lichidului, el se numește evaporare.

VAS KITARSATO. Vas Erlenmeyer confecționat din sticlă groasă și prevăzut cu un tub lateral prin care se face legătura la trompa de vid. Este utilizat la filtrările rapide, efectuate la vid.

VASE GRADATE. Vase de sticlă folosite pentru măsurarea volumelor de lichide: cilindri gradați, baloane cotate, pipete, biurete.

VIRAREA INDICATORILOR. Schimbarea culorii unui indicator după variația concentrației în ioni H^+ a mediului (indicatori de neutralizare, de fluorescență, de adsorbție etc.), sau după variația potențialului de oxido-reducere (indicatori redox).

VOLUMETRIE. Domeniu al chimiei analitice cantitative care cuprinde ansamblul metodelor de determinare cantitativă a unei substanțe prin măsurarea volumului unei soluții reactiv, de titru exact cunoscut, care reacționează cu substanța de analizat. După natura reacției folosite se cunosc mai multe metode volumetrice: a)metode de neutralizare (acidimetrie și alcalimetrie); b) metode de oxidare și reducere; c) metode de precipitare; d) metode fizico-chimice.

BIBLIOGRAFIE

1. ALBERT, F.M. ș.a., *Chimie generală*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1967.

2. ALBU, C.D., BREZEANU MARIA, *Mică enciclopedie de chimie*, Editura Enciclopedică, București, 1974.

3. ARTENIE, V., TĂNASE ELVIRA, *Practicum de biochimie generală*, Tipografia Universității "Al. I. Cuza", Iași, 1981.

4. BĂLĂNESCU, GR. ș.a., *Dicționar de chimie*, Editura Tehnică, București, 1967.

5. BERAL EDITH, ZAPAN, M., *Chimie anorganică*, Editura Tehnică, București, 1977.

6. BURACU, O., *Prospecțiunea geochimică a zăcămintelor de minereuri*, Editura Tehnică, București, 1978.

7. CASTANY, G., *Prospecțiunea și exploatarea apelor subterane*, Editura Tehnică (traducere din limba franceză), București, 1972.

8. DAVIDESCU VELICICA, DAVIDESCU, D., *Teste agrochimice de teren*, Editura Ceres, București, 1983.

9. DEMETRESCU, A., TUTOVEANU, A. și IONESCU, M., *Analiza tehnică a minereurilor*, Editura Tehnică, București, 1966.

10. DIAMOND, P.S., DENMAR, R.F., *Laboratory Techniques in Chemistry and Biochemistry*, Butterworths, London and Boston, 1973.

11. ERDEY, L. ș.a., *Tabele de calcul în chimia analitică*, Editura Tehnică (traducere din limba maghiară după ediția a II-a), București, 1961.

12. GHIMICESCU, G., HÂNCU, I., *Chimia și controlul poluării apei*, Editura Tehnică, București, 1974.

13. KONDI-MITRICĂ NATALIA, *Laboratorul clinic*, Biochimie, Editura Medicală, București, 1971.

14. LAKNER, C. ş.a., *Manualul chimistului, vol. I şi II*, Editura Tehnică (Ed. Agir), Bucureşti, 1949.

15. LITEANU, C., HOPIRTEAN ELENA, *Chimie analitică cantitativă.* Volumetria, Ediţia a şasea, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1972.

16. LURIE, IU., *Îndreptar de chimie analitică*, Editura Tehnică, Bucureşti (traducere din limba rusă), 1976.

17. MACAROVICI, C. ş.a., *Caiet de lucrări practice de chimie*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1963.

18. MACAROVICI, C. şi PETRESCU, D., *Chimie generală*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1968.

19. MĂNESCU, S. ş.a., *Chimia sanitară a mediului*, vol. II, Editura Medicală, Bucureşti, 1982.

20. NĂSTOIU, I., *Analizele medicale în viaţa noastră*, Editura Ceres, Bucureşti, 1984.

21. NEGULESCU, M., *Protecţia calităţii apelor*, Editura Tehnică, Bucureşti, 1982.

22. NENIŢESCU, C. D., *Chimie generală*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1979.

23. PĂTROESCU, C., GĂNESCU, I., *Analiza apelor*, Editura Scrisul Românesc, Craiova, 1980.

24. PECE, ŞT., *Tehnica securităţii muncii în laboratoarele de chimie*, Redacţia Ministerului Industriei Chimice - I.P.A.C., Tipografia Ploieşti, 1981.

25. PIETRZYK DONALD, J., CLYDE, W. FRANC, *Chimie analitică*, Editura Tehnică (traducere din limba engleză), Bucureşti, 1989.

26. POPA, GR., CROITORU VASILICA, *Chimie analitică cantitativă.* Gravimetrie, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1971.

27. POPA, GR., PARALESCU, I. A., *Chimie analitică*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1977.

28. RODIER, J., *L'analyse chimique et physico-chimique de l'eau*, Ed. Dunod, Paris, 1971.

29. SERACU, I.D., *Îndreptar de chimie analitică*, Editura Tehnică, Bucureşti, 1989.